



**Estudo e Análise da Vulnerabilidade Costeira face a Cenários
de subida do Nível Médio do Mar e Eventos Extremos devido ao
efeito das Alterações Climáticas**

Carolina Silvestre Rocha

Mestrado em Engenharia Geográfica

Dissertação orientada por:
Professor Doutor Carlos Manuel Correia Antunes e
Professora Doutora Cristina Maria Sousa Catita



**Estudo e Análise da Vulnerabilidade Costeira face a Cenários
de subida do Nível Médio do Mar e Eventos Extremos devido ao
efeito das Alterações Climáticas**

Carolina Silvestre Rocha

Mestrado em Engenharia Geográfica

Dissertação orientada por:
Professor Doutor Carlos Manuel Correia Antunes e
Professora Doutora Cristina Maria Sousa Catita

Aos meus Pais, por todo o vosso amor e dedicação.

À minha avó, só por me querer bem.

AGRADECIMENTOS

Serve o presente texto como nota de agradecimento a todas as pessoas que me apoiaram durante este trabalho de dissertação.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer todo o apoio e incentivo dos meus orientadores. Ao Professor Carlos Antunes estou grata pela sugestão deste tema de dissertação e pela confiança depositada. À Professora Cristina Catita agradeço por todo o seu positivismo e boa disposição, que em muitos momentos foram essenciais para encarar este desafio. Muito obrigada, pela vossa constante disponibilidade e amizade, não só durante estes últimos meses, mas durante todo o meu percurso académico.

Um agradecimento a todos os professores de Engenharia Geográfica por todo o conhecimento partilhado ao longo destes anos.

Aos meus colegas e amigos de EG deixo-vos também o meu apreço. À Joana por todas as palavras de incentivo, pelos cafezinhos ao final da tarde e por ouvir os meus desabaços. À Catarina pela sua boa disposição e abraços reconfortantes. Ao Duarte e à Inês por me acompanharem todos os dias ao longo deste trabalho e deste Mestrado e por todas as conversas da treta, que em muitas alturas foram um escape ao stress dos últimos tempos. Queria ainda agradecer, à Marisa, ao Luís, ao Miguel, ao Gradiz e ao Adro que sempre que precisei estiveram disponíveis para me ajudar.

Quero agradecer aos meus amigos algarvios, que apesar de estarem longe, preocuparam-se e incentivaram-me sempre. Obrigada, Alexandra, Sara, João, Ana e Xana.

Um profundo agradecimento à minha família lisboeta. À minha Thea Ana por tudo! Ao Mauro pela boa disposição. À Nicole por todo o carinho e ao Daniel por estar lá. Obrigada por todo o apoio.

Por fim, quero agradecer aos meus pilares, às pessoas que mais me apoiaram ao longo de todos estes anos e que me ajudaram em tudo o que foi possível para concluir os meus estudos. À minha mãe Cristina, por ser uma das pessoas que mais admiro, por teres sido tão amiga, por todo o apoio e palavras certas no momento certo. Ao meu pai Carlos, que também é uma das pessoas que mais admiro neste mundo, por toda a força, conselhos prestados e pela revisão deste documento. Obrigada por acreditarem na vossa filha. À minha querida avó Rosa por ser das pessoas mais doces e bondosas que conheço e por se preocupar muito comigo. Ao meu irmão Pipe, por ser um chato, mas que não vive sem mim. À minha irmã Leninha pelos beijinhos. Sei que eles têm orgulho em mim!

Um obrigada especial ao Édi, por me acompanhar há quase sete anos, por ser o meu melhor amigo e por aturar as minhas inseguranças e más disposições ao longo desta jornada. Obrigada por tudo!

A todos, o meu muito obrigada por estes últimos meses, que não foram nada simpáticos, mas vocês fizeram com que esta difícil jornada fosse mais fácil de superar.

RESUMO

Portugal Continental tem uma costa densamente povoada, possuindo atividades com elevado valor económico e concentração de infraestruturas que devem ser protegidas de quaisquer fenómenos naturais ou antropogénicos. As alterações climáticas e a consequente subida do nível médio do mar são hoje uma realidade cientificamente comprovada e relativamente à qual devem ser elaborados estudos que ajudem a comunidade científica e civil a tomar medidas que minimizem os efeitos provocados por tais fenómenos.

Este estudo, visa avaliar a vulnerabilidade costeira em Portugal Continental para 2025, 2050 e 2100 com diferentes cenários de subida do nível médio do mar (sNMM) e diferentes períodos de retorno de eventos extremos. A metodologia proposta consiste na escolha dos parâmetros que permitem identificar e classificar as zonas costeiras vulneráveis a eventos extremos e à subida do nível do mar, com inundação total ou parcial, sendo fundamental para uma adequada gestão e avaliação de risco, com base na avaliação dos dados dos marégrafos de Leixões, Cascais, Sines e Lagos a partir dos quais foi determinada uma probabilidade de ocorrência do forçamento costeiro. Entre os parâmetros de vulnerabilidade física usados, consideram-se a rede hidrográfica, a distância à linha de costa, o tipo de costa, a geomorfologia, a geologia e o uso do solo.

A informação gerada e os modelos considerados foram integrados numa base de dados geoespaciais usando a tecnologia SIG (Sistemas de Informação Geográfica), de modo a produzirem-se mapas de vulnerabilidade costeira à escala nacional para cada cenário de subida do NMM, com uma resolução espacial de 20 m. A metodologia usada na componente analítica recorreu às técnicas de análise multi-atributo, em particular ao método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Este estudo contempla ainda uma análise mais detalhada para duas zonas (Ria de Aveiro e Estuário do Tejo) com vulnerabilidade elevada, para as quais se obteve o recuo da linha de costa face aos cenários considerados para o horizonte temporal de 2100. Para a zona do Seixal é visível que muitas habitações e infraestruturas estarão em risco eminente da sNMM, estimando-se que em algumas zonas, a linha de costa estará no interior da cidade. Na zona da Praia de Mira é perceptível que a linha de costa tem um recuo acentuado junto de habitações, e numa zona mais afastada a norte, com uma estimativa para nova posição da linha de costa a avançar mais de 100 m sobre a praia.

Os resultados obtidos nesta dissertação evidenciam a utilidade da metodologia utilizada enquanto contributo para a identificação de vulnerabilidades costeiras e como suporte a tomadas de decisão para processos que envolvam a gestão e ordenamento do território em zonas expostas às ações energéticas do mar.

PALAVRAS CHAVE: Vulnerabilidade costeira; sobrelevação do Nível do Mar; Galgamento; Inundação; recuo da linha de costa; Sistemas de Informação Geográfica.

ABSTRACT

The Portugal Mainland has a dense population in the coastal regions, with activities of high economic value and concentration of infrastructures that need to be protected from any natural coastal hazard. The climate changes and the consequent of sea level rise (SLR) in the near future are now scientifically proven with high confidence, and studies should be developed to help the scientific and civil community to take measures to minimize the effects of such phenomena.

This study aims to evaluate the coastal vulnerability in Portugal Mainland for 2025, 2050 and 2100 with different scenarios of extreme sea level for different return periods due to sea level rise and extreme events. The proposed methodology consists of defining the parameters that allow to identify and classify the most vulnerable coastal zones to extreme events and sea level rise, with total or partial flooding, which will be fundamental for an adequate management and evaluation of coastal risk, based on the evaluation of the data from the tide gauges of Leixões, Cascais, Sines and Lagos from which the probability of coastal forcing event was determined. Among the parameters of physical vulnerability used, the hydrographical network, the distance to the coastline, the type of coast, the geomorphology, the geology and the land use are considered.

The information generated and the models considered were integrated into a geospatial database using GIS (Geographic Information Systems) technology, in order to produce the national scale coastal vulnerability maps for each SLR rise scenario, with a 20 m space resolution. The methodology in the analytical component uses the Analytic Hierarchy Process (AHP) as the multi-attribute analysis technique. This study also includes a more detailed analysis for two zones with high vulnerability (Ria de Aveiro and Tagus Estuary), for which the coastline retreat was obtained in relation to the 2100 scenarios. In particular, for the zone of the Seixal it is visible that many homes and infrastructures will be at eminent risk of SLR, estimating that in some zones, the coast line will be into the city. In the area of Praia de Mira it is noticeable that the coast line has a sharp retreat near dwellings, and in a zone further north, with an estimate for new coast line, retreating more than 100 m over the beach.

The results obtained in this dissertation show the usefulness of the applied methodology as a contribution to the identification of coastal vulnerabilities and as a support for decision making for management and planning of the territory in zones exposed to the high energy coastal processes.

Keywords: Coastal Vulnerability; Sea Level Change; Overwash; Flood; Coastline Retreat; Geographic Information Systems;

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE	IX
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE FIGURAS	XIV
ACRÓNIMOS	XVII

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO E PROBLEMÁTICA DA INVESTIGAÇÃO.....	1
1.1.1. <i>As alterações climáticas</i>	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA	3
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3

CAPÍTULO 2

ESTADO DO CONHECIMENTO ATUAL	4
2.1. PARÂMETROS DE FORÇAMENTO E VULNERABILIDADE COSTEIRA.....	5
2.1.1. <i>Parâmetros de Forçamento Costeiro</i>	5
2.1.1.1. Variação do NMM em Portugal	5
2.1.1.2. Regime de Agitação marítima.....	6
2.1.1.3. Sobrelevação meteorológica	7
2.1.1.4. Erosão e recuo da linha de costa	7
2.1.2. <i>Vulnerabilidade Costeira</i>	8
2.1.3. <i>Estratégias de Adaptação das zonas costeiras</i>	12
2.1.3.1. Proteção	13
2.1.3.2. Acomodação	14
2.1.3.3. Relocalização	15
2.1.4. <i>Diretiva 2007/60/CE</i>	17
2.1.4.1. Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC).....	19
2.2. CONCEITOS E DEFINIÇÕES TEÓRICAS.....	21
2.2.1. <i>Maré e Variação do nível do mar</i>	21
2.2.2. <i>Sistemas de referência verticais em Portugal</i>	22
2.2.2.1. Datum altimétrico de Cascais de 1938	22
2.2.2.2. Zero Hidrográfico	23
2.2.3. <i>Modelo Digital de Terreno</i>	23
2.2.4. <i>Método da Análise Hierárquica (AHP)</i>	26

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE FÍSICA COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL.....	29
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ZONA COSTEIRA EM PORTUGAL CONTINENTAL.....	30
3.1.1. <i>Marés</i>	31
3.1.2. <i>Agitação marítima</i>	32

3.1.3. Sobrelevação meteorológica.....	32
3.2. METODOLOGIA	33
3.3. FONTES DE DADOS	34
3.4. MODELO DIGITAL DE TERRENO	35
3.4.1. Validação do Modelo Digital de Terreno	37
3.5. FORÇAMENTO COSTEIRO - CENÁRIOS DE EXTREMOS DO NÍVEL DO MAR	38
3.5.1. Maré.....	38
3.5.2. Cotas de cenário de inundação para níveis extremos.....	38
3.5.2.1. Cenários da Diretiva 2007/60/CE.....	40
3.5.3. Incerteza dos cenários de inundação.....	41
3.6. PARÂMETROS DE VULNERABILIDADE FÍSICA.....	44
3.6.1. Rede Hidrográfica	44
3.6.2. Tipo de Costa.....	45
3.6.3. Distância à Linha de Costa	46
3.6.4. Geologia e Litologia	47
3.6.5. Uso do Solo	48
3.7. PROCESSO DE ATRIBUIÇÃO DE PESOS AOS PARÂMETROS FÍSICOS DE VULNERABILIDADE – MÉTODO AHP	50
CAPÍTULO 4	
RESULTADOS	52
4.1. CARTOGRAFIA DE VULNERABILIDADE FÍSICA COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL.....	53
4.1.1. Ano de 2025.....	53
4.1.1.1. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2025, com Maré, SM, sNMM e com um período de retorno de 10 anos	54
4.1.1.2. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2025, com Maré, SM, sNMM e com um período de retorno de 100 anos – Cenário Diretiva 2007/60/CE.....	57
4.1.2. Ano de 2050.....	61
4.1.2.1. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2050, com Maré, SM, sNMM e com um período de retorno de 20 anos	61
4.1.2.2. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2050, com Maré, SM, sNMM e com um período de retorno de 100 anos – Cenário Diretiva 2007/60/CE.....	64
4.1.3. Ano de 2100.....	67
4.1.3.1. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2100, com Maré, SM, sNMM e com um período de retorno de 50 anos	67
4.1.3.2. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2100, com Maré, SM, sNMM e Setup de agitação marítima para um período de retorno de 100 anos – Cenário Diretiva 2007/60/CE.....	70
4.2. RECUO DA LINHA DE COSTA PARA 2100	73
4.2.1. Sistema estuarino	74
4.2.2. Zona costeira.....	76
CAPÍTULO 5	
CONCLUSÕES	78
5.1. CONCLUSÕES.....	78
5.2. RECOMENDAÇÕES FUTURAS	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXOS.....	87
A. CÓDIGO FRONTRAN95 PARA O CÁLCULO DO MDT E ÁREAS GEOGRÁFICAS.....	87
I. CÓDIGO DE REAMOSTRAGEM DO MDT DE 2M PARA 20M	87
II. CÓDIGO DE JUNÇÃO DAS ÁREAS GEOGRÁFICAS PARA O CÁLCULO DOS CENÁRIOS DE FORÇAMENTO COSTEIRO	87
B. TABELA DE VALIDAÇÃO DO MDT COM OS VÉRTICES GEODÉSICOS PORTUGUESES	88
C. CURVAS DE PERCENTIL DE SUBMERSÃO PARA OS 4 MARÉGRAFOS	90
I. CURVAS DE PERCENTIL DE SUBMERSÃO PARA LEIXÕES	90
II. CURVAS DE PERCENTIL DE SUBMERSÃO PARA CASCAIS.....	90
III. CURVAS DE PERCENTIL DE SUBMERSÃO PARA SINES	91
IV. CURVAS DE PERCENTIL DE SUBMERSÃO PARA LAGOS.....	91

D.	PARÂMETRO DE FORÇAMENTO COSTEIRO - PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA.....	92
I.	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO CENÁRIO PARA 2050 DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA.	92
II.	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO CENÁRIO PARA 2100 DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM SETUP DE AGITAÇÃO MARÍTIMA.....	93
E.	PARÂMETROS DE VULNERABILIDADE FÍSICA COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL	94
I.	REDE HIDROGRÁFICA.....	94
II.	DISTÂNCIA À LINHA DE COSTA.....	95
III.	GEOLOGIA E LITOLOGIA DE PORTUGAL CONTINENTAL	96
IV.	TIPO DE COSTA E USO DO SOLO	97
F.	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2025.....	98
I.	ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2025, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM 10 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.....	98
II.	ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2025, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.	100
G.	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2050.....	103
I.	ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2050, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM 20 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.....	103
II.	ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2050, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.	105
H.	ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2100.....	108
I.	ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2100, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA, COM 50 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.....	108
II.	ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2100, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM SETUP DE AGITAÇÃO MARÍTIMA, COM 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.	110

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1. CLASSIFICAÇÃO DAS CLASSES DE RISCO COSTEIRO PARA A COSTA DOS ESTADOS UNIDOS. [ADAPTADO DE GORNITZ, 1990].	9
TABELA 2.2. CLASSIFICAÇÃO DE VULNERABILIDADE DOS PARÂMETROS PROPOSTOS POR COELHO [2005]. [ADAPTADO DE COELHO ET AL., 2006].....	9
TABELA 2.3. CLASSIFICAÇÃO E PONDERAÇÃO DE CADA VARIÁVEL PARA O IVC PARA A COSTA CHINESA. [ADAPTADO DE YIN ET AL., 2012]	11
TABELA 2.4. CLASSIFICAÇÃO DE VULNERABILIDADES EM RELAÇÃO À AGITAÇÃO MARÍTIMA. [ADAPTADO DE CARDONA, 2015].....	12
TABELA 2.5. CRITÉRIOS IMPOSTOS PELA DIRETIVA 2007/60/CE PARA A CARTOGRAFIA DE ZONAS INUNDÁVEIS E CARTOGRAFIA DE RISCO DE INUNDAÇÕES.	18
TABELA 2.6 - ESCALA DE PREFERÊNCIAS COM NOVE NÍVEIS. [ADAPTADO DE SAATY, 1987].....	26
TABELA 2.7 – ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA ALEATÓRIA PROPOSTO POR SAATY. [ADAPTADO DE SAATY, 1987].....	27
TABELA 3.1. TABELAS DE MÉDIAS E VALORES EXTREMOS DE MARÉ PARA OS MARÉGRAFOS DE LEIXÕES, LISBOA, CASCAIS, SINES E LAGOS PARA 2016. [FONTE: ANTUNES, 2007]	31
TABELA 3.2. DADOS UTILIZADOS COM A RESPECTIVA FONTE, DATA DE AQUISIÇÃO E OBSERVAÇÕES.....	34
TABELA 3.3. NÚMERO DE PONTOS COTADOS DO MDT COM 20 M DE RESOLUÇÃO PARA AS QUATRO ÁREAS GEOGRÁFICAS.	35
TABELA 3.4. VALORES DE REFERÊNCIA PARA O SETUP DE AGITAÇÃO MARÍTIMA PARA A ZONA CENTRO E ASSUMIDO PARA TODA A ÁREA DE ESTUDO.	39
TABELA 3.5 - TABELA DE 0.25% DE SUBMERSÃO PARA AS QUATRO ZONAS COSTEIRAS COM DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO, PARA DOIS MODELOS DE MARÉ: A) MODELO DE MARÉ MAIS SM; B) MARÉ METEOROLÓGICA MAIS SETUP DE AGITAÇÃO MARÍTIMA E PARA CADA CENÁRIO 2025, 2050 E 2100.....	40
TABELA 3.6. TABELA DE 0.25% DE SUBMERSÃO PARA AS QUATRO ZONAS COSTEIRAS COM 50 E 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO COM A DIRETIVA 2007/60/CE PARA DOIS MODELOS DE MARÉ: A) MODELO DE MARÉ MAIS SM; B) MARÉ METEOROLÓGICA MAIS SETUP DE AGITAÇÃO MARÍTIMA.....	41
TABELA 3.7 - DESVIO PADRÃO (EM CM) DE CADA CENÁRIO DE PROJEÇÃO, TENDO EM CONTA AS QUATRO COMPONENTES QUE COMPÕEM O CENÁRIO DE INUNDAÇÃO: A) MARÉ; B) SUBIDA DO NÍVEL MÉDIO DO MAR; C) SOBRE-ELEVAÇÃO METEOROLÓGICA.	41
TABELA 3.8. CLASSIFICAÇÃO DO PARÂMETRO "FORÇAMENTO COSTEIRO" NO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA TENDO POR BASE A PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA EM CADA CENÁRIO. SENDO NULO PARA O VALOR DE 0% DE PROBABILIDADE.	42
TABELA 3.9. CLASSIFICAÇÃO DO PARÂMETRO "REDE HIDROGRÁFICA" NO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA.....	45
TABELA 3.10. CLASSIFICAÇÃO DO PARÂMETRO "TIPO DE COSTA" NO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA.....	46
TABELA 3.11. CLASSIFICAÇÃO DO PARÂMETRO "DISTÂNCIA À LINHA DE COSTA" NO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA.....	47
TABELA 3.12. CLASSIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS "GEOLOGIA " E "LITOLOGIA" NO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA.....	48
TABELA 3.13. DESCRIÇÃO DOS NÍVEIS E CLASSES UTILIZADOS DA CARTA DE OCUPAÇÃO E USO DO SOLO.....	49
TABELA 3.14. CLASSIFICAÇÃO DO PARÂMETRO "USO DO SOLO" NO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA.	50
TABELA 3.15. MATRIZ DE COMPARAÇÃO PARA A PAR DOS PARÂMETROS FÍSICOS NO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA.....	50
TABELA 3.16. MATRIZ NORMALIZADA DOS PARÂMETROS DE VULNERABILIDADE FÍSICA.	50
TABELA 3.17. MATRIZ DE CÁLCULO DA CONSISTÊNCIA DAS RELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS DE VULNERABILIDADE FÍSICA – CÁLCULO DO PESO FINAL DE CADA PARÂMETRO.	51

TABELA 3.18 - ÍNDICES DE CONTROLO DO MÉTODO AHP PARA O CÁLCULO DA CONTRIBUIÇÃO DE CADA PARÂMETRO DA VULNERABILIDADE FÍSICA COSTEIRA	51
TABELA 4.1. DADOS GEOGRÁFICOS E ALFANUMÉRICOS PARA CONCLUSÕES DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRO DE PORTUGAL CONTINENTAL EM 2025.	53
TABELA 4.2. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2025, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 10 ANOS.	54
TABELA 4.3. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2025 NAS BGRI DO CONCELHO DE ALBERGARIA-A-VELHA, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 10 ANOS.	54
TABELA 4.4. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2025, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM E PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS – DIRETIVA 2007/60/CE.	57
TABELA 4.5. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2025 NAS BGRI DO CONCELHO DE VILA FRANCA DE XIRA, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS.	57
TABELA 4.6. DADOS GEOGRÁFICOS PARA CONCLUSÕES DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRO DE PORTUGAL CONTINENTAL EM 2050.....	61
TABELA 4.7. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2050, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 20 ANOS.	61
TABELA 4.8. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2050 NA FREGUESIA DO CONCELHO DE ALBERGARIA-A-VELHA, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 20 ANOS.	62
TABELA 4.9. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2050, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS – DIRETIVA 2007/60/CE.	64
TABELA 4.10. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2050 NAS FREGUESIAS DO CONCELHO DE VILA FRANCA DE XIRA, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS.	64
TABELA 4.11. DIFERENÇA DE ÁREAS DE VULNERABILIDADE TOTAL, ALTA E EXTREMA, NAS QUATRO FREGUESIAS DO CONCELHO DE VILA FRANCA DE XIRA ENTRE 2050 E 2025, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.	65
TABELA 4.12. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2100, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 50 ANOS.	67
TABELA 4.13. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2100 NAS FREGUESIAS DO CONCELHO DE ALBERGARIA-A-VELHA E DE MURTOSA, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 50 ANOS.	67
TABELA 4.14. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE PARA CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2100, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM, SETUP E PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS.	70
TABELA 4.15. ÁREA VULNERÁVEL E PERCENTAGEM DE VULNERABILIDADE CONSOANTE CADA NÍVEL DE VULNERABILIDADE DO IVC PARA 2100 NAS TRÊS FREGUESIAS (BUNHEIRO, MURTOSA, TORREIRA) DO CONCELHO DE MURTOSA, COM O MODELO DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ, SM, SNMM, SETUP E PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.	70
TABELA 4.16. VALORES (EM METROS) DE REFERÊNCIA, MÍNIMOS E MÁXIMOS PARA A LINHA DE COSTA EM 2025, 2050 E 2100.....	73
TABELA 4.17. VALORES DE RECUO DA LINHA DE COSTA EM 2100 PARA A PRAIA DE MIRA	77

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1. VARIAÇÃO SECULAR DO NÍVEL MÉDIO DO MAR EM CASCAIS (SÉRIE DE MÉDIAS MENSIS). [FONTE: PSMSL E IGP/DGT; ANTUNES, 2016]	6
FIGURA 2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS SUB-ÍNDICES PARA UMA ESCALA NACIONAL. [EXTRAÍDO DE MCLAUGHLIN AND COOPER, 2011] ..	11
FIGURA 2.3. AS DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO: PROTEÇÃO, ACOMODAÇÃO E RELOCALIZAÇÃO [FONTE: GTL, 2014]	13
FIGURA 2.4. ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DA PRAIA DONA ANA, LAGOS.	14
FIGURA 2.5. RECONSTRUÇÃO DO SISTEMA DUNAR NA PRAIA DA COSTA NOVA, ÍLHAVO.	14
FIGURA 2.6. ESPORÕES NA PRAIA DE QUARTEIRA.	14
FIGURA 2.7. DEFESA FRONTAL NA PRAIA DA VAGUEIRA, VAGOS.	14
FIGURA 2.8. QUEBRA-MAR PRAIA DA ARRIFANA	14
FIGURA 2.9. PAREDÃO PRAIA DO TAMARIZ, ESTORIL.	14
FIGURA 2.10. PALHEIROS DA PRAIA DA TOCHA, CANTANHEDE. INICIALMENTE USADOS POR PESCADORES.	15
FIGURA 2.11. BARREIRA MÓVEL CONTRA INUNDAÇÃO NO RIO DANÚBIO, ÁUSTRIA (CHEIAS DE 4 JUNHO DE 2013).	15
FIGURA 2.12. FLOOD SUTTERS EM HAMBURGO, ALEMANHA.	15
FIGURA 2.13. FLOATING BUILDING NA MALÁSIA.	15
FIGURA 2.14. ESQUEMA EM PLANTA DAS AÇÕES “REMOVER”, “RELOCALIZAR” E “READAPTAR”. [FONTE: OLIVEIRA, 2013]	16
FIGURA 2.15. CASAS DESTRUÍDAS NA ILHA DA FUZETA NO TEMPORAL DE 2010.	16
FIGURA 2.16. ILHA DA FUZETA SEM CASAS DEPOIS DO TEMPORAL DE 2010.	16
FIGURA 2.17. BAIRRO VELHO DOS PESCADORES DA PRAIA DE ESMORIZ, OVAR [FONTE: CM OVAR].	17
FIGURA 2.18. NOVO BAIRRO DE HABITAÇÕES UNIFAMILIARES PARA OS PESCADORES DA PRAIA DE ESMORIZ, OVAR [FONTE: ADRIANO MIRANDA]	17
FIGURA 2.19. PRAIA DE PARAMOS, ESPINHO EM OBRAS DE REQUALIFICAÇÃO DO ESPORÃO.	17
FIGURA 2.20. PRAIA DE PARAMOS, ESPINHO.	17
FIGURA 2.21. DISPONIBILIZAÇÃO DAS ZONAS CRÍTICAS ENCONTRADAS PELA COMISSÃO NACIONAL DA GESTÃO DOS RISCOS DE INUNDAÇÕES PARA PORTUGAL CONTINENTAL, DISPONÍVEL NO VISUALIZADOR ONLINE DA APA NO SÍTIO: HTTP://SNIAMB.APAMBIENTE.PT/DIRETIVA60CE2007/. NO VISUALIZADOR É POSSÍVEL VER A PROBABILIDADE MÉDIA DE CHEIAS, LIMITE 20 ANOS, 100 ANOS E 1000 ANOS, (A AZUL), BEM COMO AS ZONAS DE RISCO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDAÇÃO (A VERMELHO) – ZONA DE SETÚBAL.	18
FIGURA 2.22. GEOMORFOLOGIA SIMPLIFICADA DO LITORAL PORTUGUÊS E DIVISÃO EM CÉLULAS SEDIMENTARES [FONTE: SANTOS ET AL., 2014]	20
FIGURA 2.23. GRÁFICO ANUAL DA MARÉ DE CASCAIS, RELATIVO AO ANO DE 2016. [EXTRAÍDO DE ANTUNES, 2007]	22
FIGURA 2.24. DIFERENÇA ENTRE MDT E MDS. [FONTE: REDWEIK, 2015]	23
FIGURA 2.25. PASSOS PARA A GERAÇÃO DE UM MODELO TIN. [FONTE: REDWEIK, 2015].	24
FIGURA 2.26. AMOSTRA SECUNDÁRIA A PARTIR DE UM MODELO TIN CRIADO COM A AMOSTRA PRIMÁRIA. [FONTE: REDWEIK, 2015]	24
FIGURA 2.27. TRECHO DA ZONA DA COSTA DA CAPARICA CUJA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA É DISPONIBILIZADA PELA DGT NO SEU VISUALIZADOR ONLINE: HTTP://MAPAS.DGTERRITORIO.PT/LIDAR/. A) ORTOFOTOS CRIADAS A PARTIR DO LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAFÉTRICO REALIZADO EM 2008, DA FAIXA DO LITORAL PORTUGUÊS E DOS ESTUÁRIOS DOS RIOS CUJA RESOLUÇÃO	

FINAL DISPONIBILIZADA FOI DE 2 M; B) MDT OBTIDO A PARTIR DO LEVANTAMENTO POR TECNOLOGIA LIDAR REALIZADO EM 2011, DE UMA FAIXA DE 1 KM DE LARGURA AO LONGO DA COSTA PORTUGUESA.	25
FIGURA 3.1. LIMITES COSTEIROS. [FONTE: VELOSO-GOMES ET AL., 2007]	30
FIGURA 3.2. GEOMETRIA DA MARÉ NO ESTUÁRIO DO TEJO. RELAÇÃO ENTRE O NMM1938 E O ZH DE CASCAIS-LISBOA. DIFERENÇA ENTRE O NMM1938 E O NMM EM 2010. LIMITE MÁXIMO DE PM DE AV EQUINOCIAIS – LMPAVE. [ADAPTADO DE ANTUNES, 2012].....	32
FIGURA 3.3. FLUXO DE PROCESSO DA METODOLOGIA PARA A OBTENÇÃO DA CARTOGRAFIA DE VULNERABILIDADE COSTEIRA EM PORTUGAL CONTINENTAL.	33
FIGURA 3.4. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO PARA O MODELO DIGITAL DE TERRENO.....	35
FIGURA 3.5. MODELO DIGITAL DE TERRENO DA FAIXA COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL, COM RESOLUÇÃO ESPACIAL DE 20 M.36	
FIGURA 3.6. MODELO DIGITAL DE TERRENO DA FAIXA COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL E MAPEAMENTO DOS RESÍDUOS DA DIFERENÇA DOS VALORES DE COTA DOS VÉRTICES GEODÉSICOS COM O MDT ORIGINAL.	37
FIGURA 3.7. CURVAS DE PERCENTIL SUBMERSÃO PARA O NMM EM CASCAIS PARA 2050: A) MODELO DE MARÉ MAIS SM (20 E 40 ANOS); E, B) MODELO DE MARÉ METEOROLÓGICA MAIS SETUP DE AGITAÇÃO MARÍTIMA (20A+SETUP E 40A+SETUP). A LINHA AMARELA INTERSECTA AS 5 CURVAS DE PERCENTIL PARA O VALOR 0.25% DE SUBMERSÃO. A LINHA ROXA INTERSECTA AS 5 CURVAS DE PERCENTIL PARA O VALOR DE 5% DE SUBMERSÃO.	40
FIGURA 3.8 - MÉTODO DE CÁLCULO DA PROBABILIDADE DE INUNDAÇÃO DE UM DADO LOCAL (2.0 M, 2.5 M E 2.8 M DE COTA), COM BASE NA COTA MÁXIMA DE MARÉ SOBRE-ELEVADA (H= 2.5M) E DA SUA INCERTEZA [ADAPTADO DE MARCY ET AL., 2011]. ...	42
FIGURA 3.9. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO CENÁRIO PARA 2025 DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 10 ANOS.	43
FIGURA 3.10. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO CENÁRIO PARA 2025 DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA UM PERÍODO DE RETORNO DE 100 ANOS – CENÁRIO DA DIRETIVA 2007/60/CE.	43
FIGURA 3.11. PROBLEMAS ENCONTRADOS NA DISPONIBILIZAÇÃO ONLINE NO ATLAS DO AMBIENTE DA REDE HIDROGRÁFICA: A) A REDE HIDROGRÁFICA DISPONÍVEL NO ATLAS DO AMBIENTE ESTÁ REPRESENTADA PELOS SUPOSTOS EIXOS DOS CORPOS DE ÁGUA. B) A LINHA AZUL É O RIO ALCOA PELO ATLAS DO AMBIENTE E O POLÍGONO A AZUL É A DIGITALIZAÇÃO MANUAL DESTES MESMO RIO.	44
FIGURA 3.12. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO PARA O PARÂMETRO "REDE HIDROGRÁFICA".	45
FIGURA 3.13. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO PARA O PARÂMETRO "TIPO DE COSTA".	46
FIGURA 3.14. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO PARA O PARÂMETRO "DISTÂNCIA À LINHA DE COSTA".	47
FIGURA 3.15. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO PARA O PARÂMETRO "GEOLOGIA" E "LITOLOGIA".	48
FIGURA 3.16. NÍVEIS E CLASSES DE DETALHE DA NOMENCLATURA HIERÁRQUICA DA COS2007. [EXTRAÍDO DE IGP, 2010]	49
FIGURA 3.17. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO PARA O PARÂMETRO "USO DO SOLO".	49
FIGURA 4.1. FLUXO DOS RESULTADOS.	52
FIGURA 4.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA AS BGRI DO CONCELHO DE ALBERGARIA-A-VELHA EM 2025, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA 10 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO. A) BGRI COM OS CÓDIGOS DE IDENTIFICAÇÃO; B) BGRI COM O NÚMERO DE RESIDENTES.....	55
FIGURA 4.3. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2025, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA 10 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.	56
FIGURA 4.4. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA AS BGRI DO CONCELHO DE VILA FRANCA DE XIRA EM 2025, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE. A) BGRI COM OS CÓDIGOS DE IDENTIFICAÇÃO; B) BGRI COM O NÚMERO DE RESIDENTES.	59
FIGURA 4.5. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2025, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.	60
FIGURA 4.6. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA A FREGUESIA DE ANGEJA NO CONCELHO DE ALBERGARIA-A-VELHA EM 2050, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA 20 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.....	62
FIGURA 4.7. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2050, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA 20 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.	63
FIGURA 4.8. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA AS QUATRO FREGUESIAS (VILA FRANCA DE XIRA, UNIÃO DE FREGUESIAS DE ALHANDRA, SÃO JOÃO DOS MONTES E CALHARIZ, UNIÃO DE FREGUESIAS DE ALVERCA DO RIBATEJO E SOBRALINHO, UNIÃO DE FREGUESIAS DE PÓVOA DE SANTA IRIA E FORTE DA CASA) NO CONCELHO DE VILA FRANCA DE XIRA EM 2050, SEGUNDO O	

MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.	65
FIGURA 4.9. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2050, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA PARA 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.	66
FIGURA 4.10. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA A FREGUESIA DE ANGEJA NO CONCELHO DE ALBERGARIA-A-VELHA EM 2100, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA E PARA 50 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO. ...	68
FIGURA 4.11. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA AS TRÊS FREGUESIAS (BUNHEIRO, MURTOSA E TORREIRA) NO CONCELHO DE MURTOSA EM 2100, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA E PARA 50 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.....	68
FIGURA 4.12. PORMENOR DA FREGUESIA DE TORREIRA NO CONCELHO DE MURTOSA, COM HABITAÇÕES EM RISCO NO CENÁRIO DO NÍVEL EXTREMO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA E PARA 50 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO CUJA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA É SUPERIOR A 80%.	68
FIGURA 4.13. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2100, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA MAIS SETUP DE AGITAÇÃO MARÍTIMA PARA 50 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.	69
FIGURA 4.14. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA AS TRÊS FREGUESIAS (BUNHEIRO, MURTOSA E TORREIRA) NO CONCELHO DA MURTOSA EM 2100, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM SETUP DE AGITAÇÃO MARÍTIMA PARA 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.....	71
FIGURA 4.15. PORMENOR DA FREGUESIA DA TORREIRA COM HABITAÇÕES EM RISCO NO CENÁRIO DO NÍVEL EXTREMO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM SETUP DE AGITAÇÃO MARÍTIMA PARA 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO CUJA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA É SUPERIOR A 80% – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.....	71
FIGURA 4.16. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2100, SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA MAIS SETUP DE AGITAÇÃO MARÍTIMA PARA 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.	72
FIGURA 4.17. FALHAS NAS CURVAS DE NÍVEL REFERENTES À LINHA DE COSTA PARA A ZONA CENTRO, COM VALOR DE REFERÊNCIA DE 2.92 M, VALOR MÍNIMO DE 1.55 M E VALOR MÁXIMO DE 4.29 M.....	74
FIGURA 4.18. POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA PARA A ZONA CENTRO - SEIXAL, COM VALOR DE REFERÊNCIA DE 2.92 M, VALOR MÍNIMO DE 1.55 M E VALOR MÁXIMO DE 4.29 M.	75
FIGURA 4.19. POSIÇÃO DA LINHA DE COSTA PARA A ZONA NORTE – PRAIA DE MIRA, COM VALOR DE REFERÊNCIA DE 3.01 M, VALOR MÍNIMO DE 1.64 M E VALOR MÁXIMO DE 4.38 M.	76

ACRÓNIMOS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
BM	Baixa-mar
CIGeoE	Centro de Informação Geoespacial do Exército
COS	Carta de Ocupação do Solo
DGT	Direção Geral do Território
DLC	Distância à Linha de Costa
ENGIZC	Estratégia Nacional de Gestão Integrada da Zona Costeira
ETRS89/PT-TM06	<i>European Terrestrial Reference System 1989</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GTL	Grupo de Trabalho do Litoral
IH	Instituto Hidrográfico
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISC	Índice de Sensibilidade Costeira
IVC	Índice de Vulnerabilidade Costeira
LC	Linha de Costa
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
NMM	Nível Médio do Mar
PIB	Produto Interno Bruto
PM	Preia-mar
RH	Rede Hidrográfica
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SM	Sobre-elevação meteorológica
sNMM	Subida do nível médio do mar
TIN	<i>Triangulated Irregular Network</i>
ZH	Zero Hidrográfico

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento e Problemática da investigação

1.1.1. AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

“As alterações climáticas são já uma realidade: as temperaturas estão a aumentar, os padrões da precipitação estão a mudar, os glaciares e a neve estão a derreter e o nível médio das águas do mar está a subir. É de esperar que estas alterações prossigam e que se tornem mais frequentes e intensos os fenómenos climáticos extremos que acarretam perigos como inundações e secas.”¹ [AEA, 2016]

O Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) advertiu que a superfície da Terra poderá aquecer entre 2.6°C e 4.8°C ao longo deste século, o que implicará que o nível dos oceanos venha a subir em média entre 52 e 82 centímetros. Estudos anteriores mostraram que o nível médio dos oceanos já subiu em média 20 centímetros entre 1900 e 2012 [IPCC, 2013]. Em tal situação, segundo os cenários tratados no AR5 do IPCC, se a taxa de elevação dos oceanos exceder outros 60 centímetros, com a atuação das forças hidrodinâmicas, sobretudo os regimes de marés e clima de ondas, o resultado será uma forte erosão nas áreas costeiras de todo o planeta [*ibid*].

Nesse cenário de elevação futura dos oceanos, a avaliação da vulnerabilidade à elevação do Nível Médio do Mar (NMM) torna-se uma ferramenta fundamental para identificar as áreas mais suscetíveis a desastres naturais e antecipar impactes socioeconómicos na orla marítima, onde estão localizadas importantes cidades e atividades antrópicas. Apesar disso, a maioria dos municípios costeiros ainda não possuem ferramentas de gestão de desastres naturais, sobretudo da erosão costeira e dos prejuízos socioeconómico-ambientais daí decorrentes. Nesse sentido, a elaboração de mapas de vulnerabilidade rigorosos tem grande aplicabilidade por possibilitarem a identificação de áreas prioritárias para intervenções de prevenção e/ou mitigação de impactes provocados por desastres naturais.

As alterações climáticas constituem um desafio e motivo de preocupação relevante face aos previsíveis impactes ambientais, económicos e sociais que irão causar nas zonas costeiras. O estabelecimento ou variação da intensidade da erosão, a modificação da frequência e da intensidade de inundações costeiras irá contribuir para o aumento da vulnerabilidade já existente, em particular nos locais cujo conteúdo morfológico se associa a substrato rochoso brando ou móvel de baixa elevação e, para o incremento das situações de risco em locais com densidade de ocupação elevada [Canaveira e Papudo, 2013].

¹ In: <http://www.eea.europa.eu/pt/themes/climate/intro> - consultado a 8 de setembro 2016

As alterações climáticas em Portugal têm sido objeto de estudo pelo projeto SIAM² [Santos e Miranda, 2006], que através de estudos de cenários de clima futuro alertam para a tomada integrada de estratégias de intervenção por parte das autoridades competentes de modo a minimizar os impactos ambientais a que estamos sujeitos. Assim, segundo os estudos desenvolvidos sobre zonas costeiras [Andrade *et al.*, 2006] no âmbito desse projeto, as consequências mais importantes das alterações climáticas no litoral de Portugal Continental são a subida do nível médio do mar e a modificação do regime de agitação marítima, da sobrelevação meteorológica, da temperatura e da precipitação. As modificações referidas geram impactos na faixa costeira ao nível do balanço sedimentar e podem traduzir-se pelo estabelecimento ou variação da intensidade da erosão, bem como pela modificação da frequência e intensidade de inundações costeiras e ainda alterações na qualidade da água de estuários, lagunas e aquíferos costeiros.

Portugal Continental tem uma costa densamente povoada, possuindo atividades com elevado valor económico e concentração de infraestruturas. A identificação das zonas costeiras vulneráveis a eventos extremos e à subida do nível do mar, com inundação total ou parcial, é fundamental para uma adequada gestão e avaliação de risco.

1.2. Objetivos

Este estudo, visa avaliar a vulnerabilidade costeira em Portugal Continental para períodos futuros de 2025, 2050 e 2100 com diferentes cenários de subida do NMM e diferentes períodos de retorno de eventos extremos. O principal objetivo desta dissertação é realizado com base na criação de uma metodologia que permita o cálculo de um Índice de Vulnerabilidade Costeira, como modelo global, para Portugal Continental, para auxiliar ao processo de decisão na análise e ponderação dos parâmetros utilizados na classificação da vulnerabilidade costeira.

São assim propostos os seguintes objetivos específicos:

1. Obter uma estimativa rigorosa da área de terreno afetada pelo avanço do mar;
2. Obter uma cartografia temática de vulnerabilidade física de inundação ao longo da costa;
3. Calcular o recuo da linha de costa, face ao cenário de 2100.

A obtenção de uma estimativa rigorosa da área de terreno afetada pelo avanço do mar será dada por probabilidade de ocorrência de fenómenos de forçamento costeiro (subida do nível médio do mar, sobrelevação meteorológica e agitação marítima). Visto se tratar de uma proposta de modelo global estes parâmetros serão combinados num só parâmetro chamado de “Forçamento Costeiro”.

A produção da cartografia temática de vulnerabilidade física consiste na aplicação do modelo analítico proposto para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC). Este IVC contém os parâmetros que foram considerados como os mais importantes e relevantes neste tipo de problema, sendo eles: o Forçamento Costeiro, a Rede Hidrográfica, o Tipo de Costa, a Distância à Linha de Costa, a Geologia, a Litologia e a informação do Uso do Solo. Foi utilizada uma técnica de análise multi-atributo, o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), para a atribuição dos pesos a cada um dos parâmetros que constituem o IVC.

O cálculo do recuo da linha de costa face ao cenário considerado para o horizonte temporal de 2100 foi realizado detalhadamente para duas zonas (Ria de Aveiro e Estuário do Tejo), por serem as duas zonas que apresentam a vulnerabilidade mais elevada (demonstrada no IVC calculado).

² Projeto Alterações Climáticas em Portugal – Cenários, Impactes e Medidas de Adaptação – Projeto SIAM.

1.3. Contribuição Científica

Acredita-se na importância e utilidade pública desta dissertação, cujo alcance se revê na metodologia proposta como um processo robusto e flexível, sendo um instrumento fundamental para a gestão do território e apoio à decisão de medidas de adaptação e mitigação. Espera-se que a dissertação contribua para que numa fase posterior, sejam identificadas e quantificadas as zonas de risco tendo por base modelos dinâmicos, diversas resoluções espaciais, informação complementar e os fatores socioeconómicos.

Da pesquisa realizada sobre os trabalhos desenvolvidos nesta temática e para a costa portuguesa, o trabalho e resultados aqui apresentados mostram um significativo avanço e contributo para a melhor e mais completa avaliação da vulnerabilidade costeira face a cenários futuros resultantes das projeções de alterações climáticas. Nomeadamente, da abordagem e determinação dos níveis de inundação incorporando as diferentes componentes e numa perspetiva de probabilidade.

1.4. Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos: três dedicados à introdução, à fundamentação teórica e dos conceitos usados e às conclusões do trabalho desenvolvido e, os restantes sobre a problemática do tema em estudo.

Após a introdução e definição dos objetivos apresentados no primeiro capítulo, o segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica da temática e a base teórica necessária para a compreensão dos processos envolvidos neste estudo.

No terceiro capítulo é descrita a metodologia usada para a produção da cartografia de vulnerabilidade física costeira de Portugal Continental. É feita uma descrição detalhada da área de estudo e são apresentados com algum detalhe os procedimentos implementados para a determinação do índice de vulnerabilidade costeira, assim como, os parâmetros utilizados e respetiva ponderação.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos através da metodologia utilizada no capítulo anterior e, que consistem na elaboração da cartografia de vulnerabilidade física costeira para Portugal Continental e a determinação do recuo da linha de costa para 2100, com base nos respetivos cenários apresentados.

O quinto e último capítulo descreve as principais conclusões desta dissertação assim como, algumas sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

ESTADO DO CONHECIMENTO ATUAL

Sendo a problemática das alterações climáticas um assunto complexo, com imensas vertentes, conceitos e estudos envolvidos, falar-se-á neste capítulo somente dos tópicos que estão diretamente relacionados com o objetivo principal desta dissertação, ou seja, a criação de uma metodologia para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade Costeira (como modelo global) para Portugal Continental.

Assim, este capítulo encontra-se dividido em duas partes distintas. A primeira é referente à revisão bibliográfica dos parâmetros de forçamento costeiro e de vulnerabilidade costeira e, a segunda parte contém os conceitos e definições teóricas presentes ao longo desta dissertação.

Consideram-se a subida do Nível Médio do Mar (NMM), a agitação marítima, a sobrelevação meteorológica e o setup de agitação marítima em Portugal Continental como parâmetros de forçamento costeiro. Neste capítulo será explicada para cada um deles a sua caracterização com base em trabalhos publicados da especialidade.

No subcapítulo da Vulnerabilidade Costeira estão presentes os projetos realizados tanto em Portugal como no resto do Mundo sobre a determinação e avaliação dos Índices de Vulnerabilidade Costeira e, como são usados e interpretados por cada autor. Este subcapítulo é de extrema importância uma vez que é sobre alguns estudos neles presentes que se baseou a metodologia da presente dissertação.

Fala-se ainda das Estratégias de Adaptação das zonas costeiras uma vez que é necessário uma redução e gestão dos riscos costeiros, especialmente ao risco de galgamento, inundação e erosão. A Diretiva europeia 2007/60/CE imposta aos estados membros e que estabelece linha de orientação, é abordada neste subcapítulo uma vez que os resultados presentes na dissertação respeitam as condições exigidas pela mesma (períodos de retorno de 100 anos).

Como ressalva, há que esclarecer que todas as tabelas provenientes de autores estrangeiros ou publicações em língua inglesa, mencionados ao longo desta dissertação, estão, por opção própria, na sua língua oficial, de modo a não serem cometidos quaisquer erros de tradução ou de má interpretação. As tabelas foram somente formatadas ao estilo próprio do presente trabalho, de modo a manter a coerência gráfica.

2.1. Parâmetros de Forçamento e Vulnerabilidade Costeira

2.1.1. PARÂMETROS DE FORÇAMENTO COSTEIRO

Como parâmetros de forçamento costeiro considerou-se a subida do Nível Médio do Mar (NMM), a agitação marítima, a sobrelevação meteorológica e o recuo da linha de costa em Portugal Continental, uma vez que são estes parâmetros que entraram no cálculo do Índice de Vulnerabilidade Costeira proposto nesta dissertação e, para além disso, são os parâmetros climáticos mais importantes referidos nos estudos do relatório SIAM de 2006.

2.1.1.1. Variação do NMM em Portugal

O NMM é um conceito ligado a uma escala temporal (dia, mês, ano, década ou século) que se traduz pela média da altura da água do mar relativamente a um determinado ponto ou sistema de referência altimétrico e resultante de uma série de observações maregráficas de duração variável, de preferência igual ou superior a 19 anos (período da nutação - ciclo completo de revolução da linha dos nodos da órbita lunar, igual a 18.6 anos). Em Portugal, o NMM foi determinado com base nos registos do mareógrafo de Cascais, correspondente à média das médias anuais do período compreendido entre 1882 e 1938, o qual define o *Datum Altimétrico Nacional de 1938*³.

Em função da escala temporal, o NMM pode ser, designadamente, diário, mensal, anual ou decadal, não se devendo considerar os fenómenos que provoquem variações de período inferior à escala escolhida, havendo um processo de filtragem do registo [Silva *et al.*, 2008]. Considerando o nível médio mensal eliminam-se as interferências devidas às componentes de curto período das marés, da ondulação (ondas gravíticas e infragravíticas) e do forçamento meteorológico (pressão atmosférica e vento). Considerando-se o NM anual eliminam-se as oscilações provocadas pela desigual distribuição dos centros de pressão atmosférica, como a consequente variação do regime de vento, ao longo do ano e o efeito sazonal e anual das marés. Há assim um processo de filtragem do registo maregráfico [*ibid*].

Segundo Titus [1986] e Dias e Taborda [1988], o NMM numa escala global depende essencialmente de três fatores: do volume total de água presente nas bacias oceânicas, da temperatura da água a diferentes profundidades (influenciando a densidade e volume) e da forma (batimetria) das bacias oceânicas. Referem ainda, que esses fatores são modificados principalmente pelos processos glacio-eustáticos, glacio-isostáticos, hidro-isostáticos, tecno-eustáticos, sedimento-eustáticos e os geóido-eustáticos.

Dias e Taborda [1988] analisaram os dados das estações maregráficas de Cascais e Lagos de modo a determinar a tendência secular do NMM do século XX, tendo obtido a taxa de 1.3 ± 0.1 mm/ano e 1.5 ± 0.2 mm/ano respetivamente. Segundo Antunes and Taborda [2009], o NMM alterou-se a uma taxa de 1.9 mm/ano entre 1920 e 2000. Antunes [2016] refere uma taxa de 2.2 mm/ano entre 1992 e 2004 e uma taxa de 4.1 mm/ano entre 2005 e 2016 (Figura 2.1), sendo que no ano 2000 o NMM estava 12 cm acima do NMM1938, passando para os 18.1 cm em 2014.

³ Consultar capítulo 2.2.2.1 *Datum* altimétrico Cascais de 1938 – página 22.

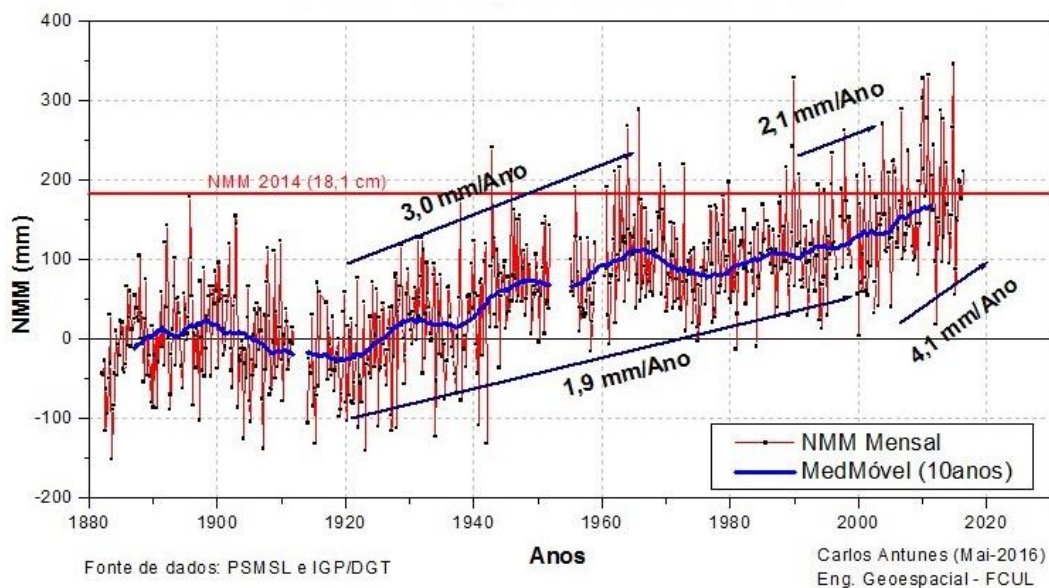


Figura 2.1. Variação Secular do Nível Médio do Mar em CASCAIS (Série de médias mensais). [Fonte: PSMSL e IGP/DGT; Antunes, 2016]

A subida do NMM irá favorecer a inundação costeira e será particularmente visível nos locais em que a morfologia apresenta cotas relativamente baixas. Os estudos efetuados para a generalidade do espaço europeu (e.g. Nicholls *et al.*, 2007; Nicholls *et al.*, 2009) indicam um elevado risco de inundação costeira em todos os cenários de subida do nível do mar sendo crescente com o tempo.

2.1.1.2. Regime de Agitação marítima

A agitação marítima pode ser caracterizada por ondas, vagas, seichas e tsunamis. É considerada nesta dissertação apenas a agitação das ondas geradas pelo vento ao largo da costa (ondas de *swell*). A definição e descrição das restantes pode ser consultada em Coelho [2005]. Os fenómenos de agitação marítima designados por ondas e vagas envolvem uma caracterização de períodos em que a escala dos tempos é da ordem dos segundos, também designada de ondas gravíticas. A escolha das características da agitação representativas para a evolução morfológica da costa é por isso uma associação de diferentes escalas temporais.

A forte agitação marítima que chega à costa portuguesa é, na maior parte dos casos, gerada por tempestades extratropicais que se formam no Atlântico Norte e se desenvolvem de Oeste para Este com elevado *fech* (área de geração de ondas - quanto maior o *fech* maior a energia de onda). Os ventos persistentes e concentrados no núcleo das tempestades formam largas áreas de atrito entre o mar e a atmosfera, potenciando valores elevados de geração de ondas de *swell* [Antunes, 2014], ou seja, possuem muita energia sendo a maior parte desta transportada debaixo de água, mas quando chegam à costa, essa energia, devido ao atrito do fundo causado pela diminuição de profundidade e devido ao rebentamento das ondas ocorre um efeito de empilhamento (*setup*) causando muitas vezes galgamento sobre as estruturas costeiras aderentes.

O Instituto Hidrográfico (IH) dispõe de quatro boias ondógrafo na costa portuguesa (Leixões, Nazaré, Sines e Faro Costeira) que armazenam informação de 3h em 3h, durante períodos de 30 m (*vide* Instituto Hidrográfico⁴ para mais informações). A caracterização da agitação marítima é feita de acordo com os valores relativos à altura significativa (H_s), que correspondem à média do terço mais elevado das alturas

⁴ <http://www.hidrografico.pt/boias-ondografo.php>

de onda de zero ascendente e, dos valores do período significativo (T_{Hs}) que corresponde à média dos períodos das ondas que foram utilizadas no cálculo da altura significativa [Coelho, 2005].

2.1.1.3. Sobrelevação meteorológica

A sobrelevação meteorológica (*storm surge*) é um forçamento atmosférico resultante da ação do vento e do efeito barométrico inverso que altera o nível do mar, relativamente ao nível previsto é o resultado da contribuição de um conjunto de processos físicos de origem atmosférica, que podem provocar uma alteração no nível do mar, relativamente ao nível previsto (maré astronómica) [Andrade *et al.*, 2006]. A sobrelevação meteorológica (SM) é variável de local para local e ao longo do tempo, sendo possível ser reconstruída (ou estimada) pela análise harmónica dos registos horários de maré disponíveis, podendo tomar valores positivos ou negativos. Quando a ocorrência de um episódio de SM é positivo coincidente com uma preia-mar de águas vivas pode originar episódios extremos de galgamento e inundação da faixa costeira. Este fenómeno é associado a sistemas depressionários e ciclónicos e, é tanto mais significativa quanto mais cavada for a depressão geradora de empolamento da superfície do mar [*ibid*], ou se o campo de ventos associados, devido à sua direção e intensidade, gerar um *setup* do nível do mar em direção à costa.

2.1.1.4. Erosão e recuo da linha de costa

A erosão e o recuo da linha de costa no âmbito das alterações climáticas são uma consequência da subida do NMM, dos regimes de agitação marítima e da evolução de sobrelevação meteorológica. Segundo os modelos de *Hadley Centre for Climate Prediction and Research*, descritos em ANPC [2010], Portugal terá até 2100:

- aumento da temperatura média,
- aumento das amplitudes térmicas,
- aumento do gradiente térmico entre o oceano e continente;
- aumento do número de dias com ondas de calor (temperaturas superiores a 35°C);
- aumento das noites tropicais (temperaturas mínimas acima dos 20°C);
- decréscimo acentuado de números de dias muito frios (temperatura mínima igual ou inferior a 0°C);
- redução da precipitação média e da duração das estações de chuvas, prevendo um aumento de precipitação no Inverno e um forte decréscimo nas restantes estações.

Com o aumento da temperatura média global, o NMM também aumenta uma vez que existe, por um lado, o degelo das massas glaciares que irão aumentar a massa oceânica e, por outro, devido ao aquecimento da água dos oceanos, ocorre consequentemente uma expansão térmica do oceano. A subida do NMM que se está já a verificar, é sobretudo causada pela componente de expansão térmica devido ao aquecimento médio de 0.18 °C dos oceanos [Levitus *et al.*, 2012]. O aumento do gradiente térmico entre o oceano e o continente poderá alterar o regime de ventos, aumentando a intensidade dos mesmos e provocar o aumento da magnitude das tempestades e consequentemente das ondas e da sobrelevação meteorológica, levando à intensificação de processos de erosão sobre o litoral. Por outro lado, é sabido e relatado em Andrade *et al.* [2006] que devido à perda de transporte de areias por parte dos rios irá intensificar-se o défice de balanço sedimentar costeiro, reduzindo a areia disponível nas praias, contribuindo assim também para um aumento ainda maior da erosão costeira. A redução da precipitação média poderá também diminuir a quantidade de sedimentos transportados para o mar por via fluvial, provocando a tendência de recuo da linha de costa [*ibid*].

2.1.2. VULNERABILIDADE COSTEIRA

Segundo a publicação, em 1990, do primeiro relatório do “*Intergovernmental Panel on Climate Change*”, as zonas costeiras são áreas particularmente vulneráveis às alterações climáticas, no que se refere à subida do nível médio das águas do mar, sugerindo a adoção de um tratado internacional sobre a problemática [IPCC, 1990]. Assim, a análise das vulnerabilidades e dos riscos de uma zona costeira e das suas evoluções ao longo do tempo, em relação às ações energéticas do mar é essencial em termos de gestão e ordenamento do território que permite a adoção de políticas de gestão com vista à adaptação adequada da ocupação costeira.

Antes de mais é importante definir o conceito de vulnerabilidade e de risco, uma vez que existem diversas definições que se aplicam consoante o objetivo proposto. Nesta dissertação adotou-se a definição do IPCC [2014] que define a

“vulnerabilidade das zonas costeiras às ações energéticas do mar como a predisposição a um dado risco, englobando diversos elementos e conceitos, como a sensibilidade ou suscetibilidade ao dano e a falta de capacidade para se adaptar. O risco é definido como o produto da probabilidade de ocorrência de um acontecimento potencial (indesejado), pela consequência (indesejada) associada a esse acontecimento, resultando assim da interação da vulnerabilidade, exposição e perigo”.

Porém, é possível identificar zonas costeiras com um elevado índice de vulnerabilidade às ações energéticas do mar, mas sem grandes riscos de exposição. Ou seja, a perda de território desabitado e sem qualquer valor ecológico, cultural ou patrimonial não apresenta elevado risco, apesar de essa situação representar uma perda de território. No entanto, quando vidas humanas, valores patrimoniais e económicos, valores ecológicos e ambientais ou valores culturais estão vulneráveis, as perdas aumentam, aumentando assim o risco de exposição.

Segundo Canaveira e Papudo [2013] as áreas de maior vulnerabilidade na zona costeira identificadas no âmbito do projeto SIAM, com tendência erosiva ou erosão confirmada e com registo de ocorrência de fenómenos de galgamento e inundação costeira, são aquelas onde, tendencialmente, os impactos das alterações climáticas serão mais evidentes. Constituem assim, preocupação adicional os locais com densidade de ocupação humana elevada, protegidos ou não por estruturas de defesa costeira, com particular relevância para as áreas do litoral cujo conteúdo morfológico se associa a substrato rochoso brando ou móvel e baixo (praias, dunas, ilhas-barreira, barreiras arenosas, zonas húmidas e estuarinas).

A forma mais comum para a avaliação da vulnerabilidade costeira envolve o cálculo de um índice, ou seja, de um método que permite simplificar parâmetros (variáveis), que são representados por diversos dados (representáveis espacialmente) sendo mais facilmente compreendidos pelo que, têm por isso uma maior utilidade como ferramenta de gestão [McLaughlin and Cooper, 2011].

O primeiro Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) foi concebido por Gornitz [1990], este incluía sete variáveis físicas como indicadores de vulnerabilidade para os *impactes* da subida NMM para a costa dos Estados Unidos: relevo (elevação), litologia, geomorfologia, taxa de erosão/acreção, amplitude de maré, altura de onda e as alterações do nível relativo do mar. Cada variável foi classificada numa escala de 1 a 5, de modo a expressar o seu contributo para a vulnerabilidade costeira, sendo 5 o nível mais alto e 1 o mais baixo (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Classificação das classes de risco costeiro para a costa dos Estados Unidos. [Adaptado de Gornitz, 1990].

Variable	Very Low 1	Low 2	Moderate 3	High 4	Very High Risk 5
Relief (m)	≥ 30.1	20.1 – 30.0	10.1 – 20.0	5.1 – 10.0	0 – 5.0
Rock type (relative resistance to erosion)	Plutonic Vulcanic (lava) High-medium grade metamorphics	Low-grade metamorphic Sandstone and conglomerate (wall-cemented)	Most sedimentary rocks	Coarse and/or poorly-sorted unconsolidated sediments	Fine unconsolidated sediment volcanic ash
Landform	Rocky, cliffed Coasts Fiords Fiards	Medium cliffs Indented coasts	Low cliffs Glacial drift Salt marsh Coral reefs mangrove	Beaches (pebbles) Estuary Lagoon Alluvial plains	Barrier beaches Beaches (Sand) Mudflats deltas
Vertical Movement (RSL change) (mm/Yr)	≤ -1.1	-1.0 – 0.99	1.0 – 2.0	2.1 – 4.0	≥ 4.1
	Land rising ← ————— Within range of eustatic rise ————— → Land sinking —————→				
Shoreline Displacement (m/yr)	≥ 2.1	1.0 – 2.0	-1.0 – +1.0	-1.1 – -2.0	≤ -2.1
	Accretion ← —————		Stable	—————→	Erosion
Mean Tidal Range (m)	≤ 0.99	1.0 – 1.9	2.0 – 4.0	4.1 – 6.0	≥ 6.1
	Microtidal ← —————		Mesotidal	—————→	Macrotidal
Max. Wave Hight (m)	0 – 2.9	3.0 – 4.9	5.0 – 5.9	6.0 – 6.9	≥ 7.0

Após classificar cada variável é utilizada a fórmula (2.1) para calcular o IVC num único valor numérico, Gornitz [1990] usou simplesmente a raiz quadrada do produto das variáveis, dividido pelo número total de variáveis presentes:

$$IVC = \sqrt{\frac{a_1 \times a_2 \times \dots \times a_n}{n}} \quad (2.1)$$

Onde, a_i = variável e n = número de variáveis presentes no IVC. Posteriormente, o valor máximo do IVC é dividido por quatro partes iguais, onde o último quarto corresponde a “muito alto risco costeiro” [ibid].

Após Gornitz [1990], diversos autores utilizaram o seu método para o cálculo do IVC tanto em escalas regionais (e.g. Boruff *et al.*, 2005) como locais (e.g. Santos *et al.*, 2015) para várias regiões do planeta como uma ferramenta de gestão costeira. Em Portugal, foi proposta uma metodologia por Coelho [2005] e revista em Coelho *et al.* [2006], de um IVC composto por nove parâmetros de vulnerabilidade que incluem características naturais e antropogénicas da zona costeira, assim como informações relativas à agitação marítima. Os parâmetros propostos foram classificados como parâmetros quantificáveis e parâmetros qualificáveis (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Classificação de vulnerabilidade dos parâmetros propostos por Coelho [2005]. [Adaptado de Coelho *et al.*, 2006]

Parâmetros	Muito Baixa 1	Baixa 2	Moderada 3	Alta 4	Muito Alta 5
Geologia	Rochas magmáticas	Rochas metamórficas	Rochas sedimentares	Rochas sedimentares	Pequenos sedimentos não consolidados
Geomorfologia	montanhas	Arribas rochosas	Arribas erodíveis, praia abrigadas	Praias expostas, planícies	Dunas, restingas, estuários, etc.

Revestimento do Solo	Floresta	Vegetação rasteira, solo cultivado	Solo não revestido	Urbanizado rural	Urbanizado industrial
Ações Antropogênicas	Intervenções de manutenção da posição	Intervenções sem redução nas fontes sedimentares	Intervenções com redução nas fontes sedimentares	Sem intervenções e sem redução nas fontes sedimentares	Sem intervenções com redução nas fontes sedimentares
Cota Topográfica (ZH, m)	≥ 30	20 – 30	10 – 20	5 – 10	≤ 5
Distância à linha de costa (m)	≥ 1000	200 – 1000	50 – 200	20 – 50	≤ 20
Máxima Amplitude de Maré (m)	≤ 1.0	1.0 – 2.0	2.0 – 4.0	4.0 – 6.0	≥ 6.0
Máxima altura de onda significativa (m)	≤ 3.0	3.0 – 5.0	5.0 – 6.0	6.0 – 6.9	≥ 6.9
Taxa média de erosão/acreção (m/ano)	≥ 0 Acreção	-1 – 0	-3 – -1	-5 – -3	≤ -5 Erosão

Pereira e Coelho [2013] calcularam a vulnerabilidade para o trecho Espinho – Mira, numa faixa de 2 km de largura, baseando-se no método apresentado por Coelho [2005]. Obtiveram-se assim representações de mapas de classificação do nível de vulnerabilidade, do nível de exposição e do nível de risco ao longo da área de estudo [Pereira e Coelho, 2013].

Abiodha and Woodroffe [2010] sugerem que os índices de vulnerabilidade que consideram somente variáveis físicas não analisam efetivamente a vulnerabilidade costeira, mas sim a sensibilidade costeira, ou seja, a suscetibilidade de permitir lidar com a vulnerabilidade. Sugerem ainda, que para se chamar de vulnerabilidade costeira têm que ser considerados fatores socioeconômicos, como tal, os autores calcularam o Índice de Sensibilidade Costeira (ISC) para a Austrália, tal como foi feito por Shaw *et al.* [1998] na costa Canadiana. Apesar de estas duas terminologias serem diferentes (IVC e ISC), a metodologia aplicada é semelhante.

Também Gornitz *et al.* [1993] observaram que a omissão de fatores demográficos ou econômicos no índice de vulnerabilidade poderia limitar potencialmente a avaliação das áreas vulneráveis à sNMM. Porém, estudos realizados posteriormente pelos mesmos autores não contemplam esses fatores. As razões podem ser várias, desde a falta de dados adequados para as dificuldades inerentes à classificação de variáveis socioeconômicas em uma escala intervalar ou, por poderem ser classificados como dados “de tempo limitado”, ou seja, os dados são reais e vão mudando ao longo do tempo. Como exemplo, tem-se a população, a construção de novas casas, novas estradas e infraestruturas, etc.

McLaughlin *et al.* [2002] sugerem que a quantificação de variáveis socioeconômicas pode ser revista por períodos de cinco anos, tendo assim em conta a mudança de variáveis e de políticas locais/regionais. Em 2011, McLaughlin and Cooper, tendo por base os estudos anteriores, desenvolveram um método para o IVC tentando criar uma abordagem multi-escala para a Irlanda do Norte, ou seja, um índice com diferentes níveis de resolução espacial: nacional (500x500m²), regional (25x25m²) e local (1x1m²). Os autores criaram então um índice que é complementado com três sub-índices (Figura 2.2) que permitem definir:

- i. as características costeiras (resiliência e suscetibilidade)
- ii. o forçamento Costeiro
- iii. os fatores socioeconômicos onde a erosão costeira representa um risco

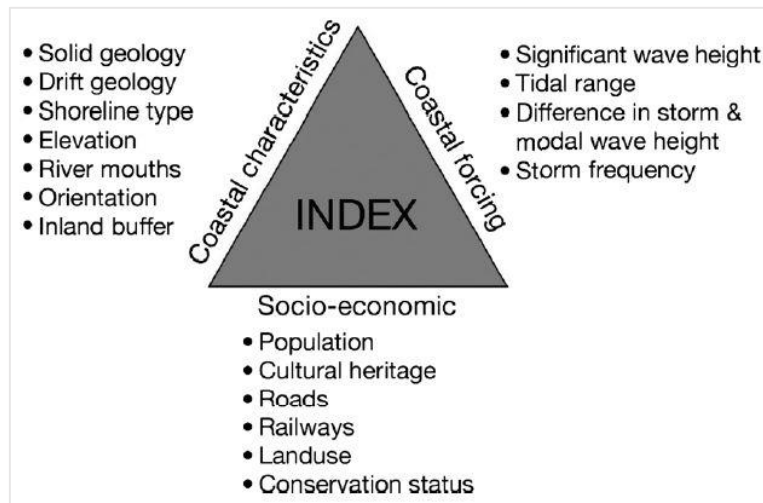


Figura 2.2. Classificação dos sub-índices para uma escala nacional. [Extraído de McLaughlin and Cooper, 2011].

Para cada sub-índice, consoante as escalas desejadas, foram utilizados diferentes dados, com diferentes resoluções espaciais, uma vez que diferentes escalas tendem a refletir diferentes prioridades e, a influência de uma determinada variável pode aumentar ou diminuir consoante a escala utilizada [*ibid*]. A metodologia aplicada é semelhante aos estudos referidos anteriormente, ou seja, cada variável foi classificada consoante o seu contributo para a vulnerabilidade costeira, sendo 5 o nível mais alto e 1 o mais baixo.

No entanto, Yin *et al.* [2012] desenvolveram um IVC para a costa Chinesa que difere um pouco dos IVC mencionados anteriormente. Os autores consideraram que nem todas as variáveis utilizadas tinham a mesma importância/contribuição para a vulnerabilidade costeira devido à sNMM, assim, aplicaram um método baseado na análise de multi-atributo (AHP⁵). Na Tabela 2.3 é possível ver quais as variáveis utilizadas bem como a sua ponderação (peso) no cálculo do IVC final (2.2).

Tabela 2.3. Classificação e ponderação de cada variável para o IVC para a costa Chinesa. [Adaptado de Yin *et al.*, 2012]

Rule Hierarchy	Weight	Project Hierarchy	Weight
Oceanic Variables	0.5	Sea-level rise	0.31
		Mean tide range	0.09
Terrestrial Variables	0.5	Mean wave height	0.1
		Geomorphology	0.11
		Coastal elevation	0.19
		Coastal slope	0.03
		Shoreline erosion	0.07
		Coastal land use	0.1

É assumido que há um grau de incerteza nas ponderações que foram dadas em algumas variáveis devido ao “tempo de vida” de cada uma delas, tome-se como exemplo: a inclinação do litoral, é uma variável em grande parte estática, o uso do solo pode ser alterado com alguma frequência (embora relativamente lento) enquanto que o aumento do nível do mar pode ser mais dinâmico [*ibid*]. Assim, as oito variáveis

⁵ Para mais explicações sobre o método AHP que será utilizado também nesta dissertação ver Capítulo 2.2.4 – Página 26.

utilizadas foram divididas em dois grupos: variáveis oceânicas e variáveis terrestres, que entre si têm a mesma ponderação uma vez que os autores consideram duvidosa uma maior contribuição de um grupo relativamente a outro, uma vez que caso se tratar de uma zona costeira composta por arribas rochosas altas as variáveis oceânicas podem tornar-se irrelevantes para a vulnerabilidade, porém, se estivermos perante uma zona de costa arenosa as variáveis oceânicas (exemplo: altura de onda) poderão tornar-se mais críticas.

Assim, pode-se definir o IVC pela seguinte fórmula:

$$IVC = \sum_{i=1}^n F_i \times W_i \quad (2.2)$$

onde F_i é a variável de vulnerabilidade e W_i é o peso normalizado ($\sum W_i = 1$) dado a essa variável de acordo com o método AHP.

Cardona [2015], também usou o método anterior para a avaliação do risco de erosão, galgamento e inundação costeira à escala nacional recorrendo a Sistemas de Informação Geográfica. Os seus resultados foram apresentados sob a forma de mapas de vulnerabilidade divididos pelas oito células sedimentares do litoral continental português. As células sedimentares foram caracterizadas pelo Grupo de Trabalho do Litoral (GTL) [Santos *et al.*, 2014], de acordo com as características geomorfológicas e dinâmica sedimentar, assim quantificaram o balanço sedimentar através da inventariação e caracterização dos processos de fornecimento e distribuição sedimentar naturais (caudal sólido, acreção/erosão costeira e deriva litoral) e de natureza antrópica (dragagens, extrações, alimentações de praias e retenção em albufeiras de barragens [Cardona, 2015]. O facto de ter sido calculado um IVC para cada célula sedimentar torna-se numa mais valia para o estudo em questão, porém, os critérios de vulnerabilidade escolhidos (distância à linha limite de leito do mar, topografia, geomorfologia, geologia, agitação do mar e artificialização do solo) não contemplam nenhuma previsão de sNMM. Na variável “Agitação do mar”, o autor menciona que se teve em conta os dados das boias ondógrafos de altura máxima e altura significativa de Faro, Sines e Leixões do IH, no entanto, a classificação de vulnerabilidade é dada a cada um dos portos e não a dados numéricos de previsão, considerando assim uma desvantagem face à proposta que será apresentada nesta dissertação (Tabela 2.4):

Tabela 2.4. Classificação de vulnerabilidades em relação à agitação marítima. [Adaptado de Cardona, 2015].

Parâmetro	Moderada 3	Alta 4	Muito Alta 5
Agitação Marítima	Litoral Sul	Litoral Sudoeste (a sul do Cabo Espichel)	Litoral Noroeste (a norte do Cabo Espichel)

2.1.3. ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO DAS ZONAS COSTEIRAS

Atualmente fala-se sobretudo de proteção das zonas costeiras e de redução e gestão dos riscos costeiros, especialmente o risco de galgamento, inundação e erosão. No futuro, a médio e longo prazo, quando os impactos das alterações climáticas nas zonas costeiras se tornarem mais notórios, é muito provável que se utilize mais frequentemente a expressão adaptação às alterações climáticas.

A adaptação é um processo de ajustamento ao clima atual e futuro e aos seus efeitos. Nos sistemas humanos a adaptação procura moderar (ou eliminar, se possível) os impactos graves e explorar as oportunidades benéficas, nos sistemas naturais a intervenção humana pode facilitar o ajustamento ao clima futuro [IPCC, 2014], existem assim três tipos de adaptação:

- **Proativa:** Medidas tomadas antes dos impactos das alterações climáticas serem observados;

- **Espontânea:** Medidas tomadas, não como resposta consciente a estímulos climáticos, mas desencadeadas por alterações ecológicas em sistemas naturais e por alterações de mercado e de bem-estar em sistemas humanos.
- **Planeada:** Medidas que resultam de decisão política deliberada, baseadas na consciência de que as condições se alteraram ou estarão prestes a alterar-se, e que são necessárias para regressar, ou manter, um estado desejado.

No âmbito do projeto SIAM II [Andrade *et al.*, 2006] foram consideradas três estratégias de adaptação (Figura 2.3):

- **Proteção:** consiste em manter ou avançar a linha de costa através de obras pesadas ou leves. Reduz o risco do evento, diminuindo a sua probabilidade de ocorrência;
- **Acomodação:** consiste na adaptação das atividades humanas e das infraestruturas existentes no litoral, por forma a reduzir o risco de inundação;
- **Recuo:** consiste na migração das pessoas e dos bens para o interior, nomeadamente para zonas com menor vulnerabilidade. Geralmente, ocorre quando as outras estratégias são inviáveis.

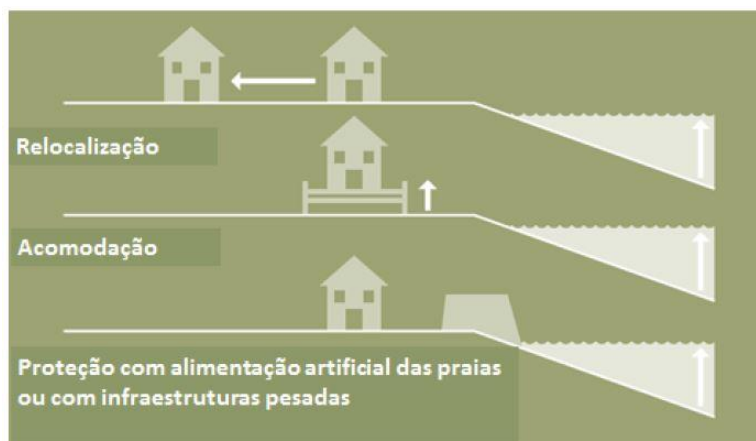


Figura 2.3. As diferentes estratégias de adaptação: proteção, acomodação e relocalização [Fonte: GTL, 2014]

A avaliação das opções de adaptação para um determinado país deve prioritariamente ter em atenção às condições específicas socioeconómicas, institucionais, políticas, legislativas e culturais desse país e deve basear-se no conhecimento científico das dinâmicas costeiras. A escolha das medidas de adaptação é, em última análise, um exercício sociopolítico e técnico que se deve apoiar na eficácia, sustentabilidade e respetivos custos [Santos *et al.*, 2014].

Aparentemente, soluções de proteção com recurso a estruturas de defesa são mais bem-recebidas, uma vez que a sua execução permite manter a população no local, transmitindo mesmo, nos primeiros tempos, uma falsa sensação de segurança. Mesmo com a existência de estruturas de proteção, as povoações da frente marítima continuam, em alguns locais, durante episódios de tempestade, a ser invadidas pelo mar e com danos para as estruturas locais e para a própria população. Por outro lado, as estruturas de defesa costeira, potenciam a antecipação de processos de erosão a sota mar [Veloso-Gomes e Oliveira, 2013].

2.1.3.1. Proteção

A estratégia de proteção consiste em manter ou mesmo avançar a linha de costa por meio da alimentação artificial de sedimentos, da reconstrução do sistema dunar, da construção de dunas artificiais e dos seus ecossistemas e da construção de estruturas rígidas tais como esporões, quebra-mares destacados e proteções longitudinais aderentes [*ibid*].



Figura 2.4. Alimentação artificial da Praia Dona Ana, Lagos⁶.



Figura 2.5. Reconstrução do sistema dunar na Praia da Costa Nova, Ílhavo⁷.



Figura 2.6. Esporões na praia de Quarteira⁸.



Figura 2.7. Defesa Frontal na Praia da Vagueira, Vagos⁹.



Figura 2.8. Quebra-mar praia da Arrifana¹⁰.



Figura 2.9. Paredão praia do Tamariz, Estoril¹¹.

2.1.3.2. Acomodação

A acomodação privilegia a mudança das atividades humanas no litoral e a adaptação flexível das infraestruturas para reduzir o risco de inundação, ou seja, corresponde ao esforço para continuar a viver em áreas vulneráveis, alterando os hábitos de vida e de trabalho [Santos *et al.*, 2014].

Esta estratégia inclui medidas que consistem em incentivo de usos sazonais; reabilitação de estruturas para que sejam mais resilientes à ação da água; planeamento dos espaços públicos como espaços multifuncionais, encaminhando águas de cheia ou soluções de dissipação de energia das águas. É

⁶ Fonte: <http://barlavento.pt/opiniaao/a-ultima-praia> - consultado a 27/09/2016

⁷ Fonte: http://www.cm-ilhavo.pt/frontoffice/pages/449?news_id=1953 - consultado a 27/09/2016

⁸ Fonte: <http://www.cm-loule.pt/pt/menu/640/praias-de-quarteira-quarteira-beach.aspx> - consultado a 27/09/2016

⁹ Fonte: <http://portugalfotografiaaerea.blogspot.pt/2013/04/praias-da-vagueira.html> - consultado a 27/09/2016

¹⁰ Fonte: http://geo.snirh.pt/snirlit/blob/show_thumbnail.php?obj=2143197020&blob_mime=image/jpeg - consultado a 27/09/2016

¹¹ Fonte: <https://www.guiadacidade.pt/pt/destino/poigf/2284> - consultado a 27/09/2016

importante condicionar usos abaixo das cotas de risco de inundação e criar soluções urbanísticas mais resilientes [*ibid*].

Adotam-se como medidas de acomodação a construção de palheiros (construções de madeira sobre altas estacas), criação de barreiras contra inundação e galgamento, a adaptação dos sistemas de drenagem e os abrigos de emergência de cheia. Atualmente, começaram a ser implementados os edifícios e estruturas flutuantes (“Floating Building”), permitindo assim uma abordagem diferente à problemática da sNMM.



Figura 2.10. Palheiros da Praia da Tocha, Cantanhede. Inicialmente usados por pescadores¹².



Figura 2.11. Barreira móvel contra inundação no Rio Danúbio, Áustria (cheias de 4 junho de 2013)¹³.



Figura 2.12. Flood Sutters em Hamburgo, Alemanha¹⁴.



Figura 2.13. Floating Building na Malásia¹⁵.

2.1.3.3. Relocalização

A relocalização ou recuo planeado, respeita os sistemas naturais, sendo uma estratégia de migração para o interior dos ecossistemas costeiros de modo a torná-los menos vulneráveis à erosão e à subida NMM [Santos *et al.*, 2014]. Nesta estratégia são adotadas um conjunto de medidas de ação designadas por 3R's (Figura 2.14), *Remover*, *Relocalizar* e *Readaptar*, como forma de gestão e adaptação a diferentes tipos de ocupação da faixa costeira, tendo em vista a minimização dos seus impactos sobre pessoas e bens, podendo ser desenvolvidas de forma isolada ou combinada entre si [Oliveira, 2013]. Esta proposta procura também ajudar a estruturar o pensamento no desenvolvimento da ação, ao evidenciar que a fase de readaptação deverá estar presente ao longo de todo o processo.

¹² Fonte: <http://gloriaishizaka.blogspot.pt/2011/07/portugal-tocha.html> - consultado a 28/09/2016

¹³ Fonte: http://www.ibs-technics.com/fileadmin/documents/EN_Projektblatt_Flut_A_2013_3.pdf - consultado a 28/09/2016

¹⁴ Fonte: http://nuweb4.neu.edu/architectureinberlin/wp-content/uploads/2014/10/IMG_5550.jpg - consultado a 28/09/2016

¹⁵ Fonte: <http://www.superfloats.com/super-floating-buildings/> - consultado a 28/09/2016

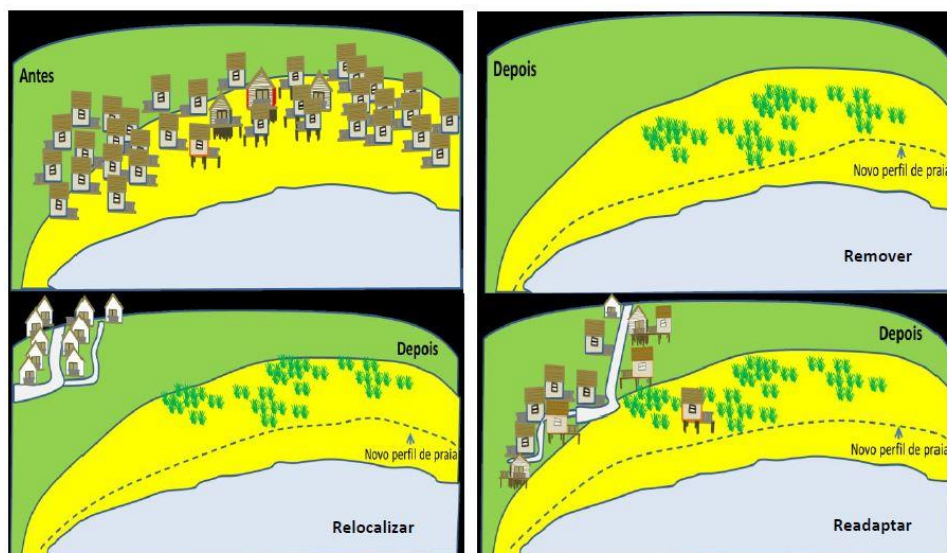


Figura 2.14. Esquema em planta das ações “remover”, “relocalizar” e “readaptar”. [Fonte: Oliveira, 2013]

- **Remover:** consiste em isolar as populações, retirando-as completamente do local próximo da fonte de risco (mar), utilizando a mesma área para o fim a que se destina (prática balnear ou outros tipos de utilização mais sustentáveis) [*ibid*]. Um exemplo (atual) pode ser o caso da Ilha da Fuzeta depois do temporal em fevereiro de 2010, todas as casas foram retiradas da ilha apesar de não servirem como morada residente, mas como apoio aos pescadores e casas de férias.



Figura 2.15. Casas destruídas na Ilha da Fuzeta no temporal de 2010¹⁶.



Figura 2.16. Ilha da Fuzeta sem casas depois do temporal de 2010¹⁷.

- **Relocalizar:** consiste em afastar a população da fonte de risco, assumindo o risco em condições aceitáveis, ou seja, as inundações e galgamentos ocorrem, mas o seu impacto é baixo, bem como as consequências inerentes. Assim, as populações são deslocadas para novas habitações onde podem ser realojadas, respeitando as características e hábitos da comunidade, mas proporcionando melhores condições de vida e de menor exposição às ações do mar [*ibid*].

¹⁶ Fonte: <http://ariadaminhaaldeia.blogspot.pt/2009/12/pais-casas-de-ferias-destruidas-na.html> - consultado a 28/09/2016

¹⁷ Fonte: http://www.mca-grupo.com/content.asp?startAt=2&categoryID=741&newsID=2549&cnt_offset=110 – consultado a 28/09/2016



Figura 2.17. Bairro velho dos pescadores da Praia de Esmoriz, Ovar [Fonte: CM Ovar].



Figura 2.18. Novo bairro de habitações unifamiliares para os pescadores da Praia de Esmoriz, Ovar [Fonte: Adriano Miranda]

- **Readaptar:** consiste em permitir a coexistência da população e da fonte de risco, promovendo medidas que permitam assumir o risco em condições controláveis e manter tradições, vivências, usos e costumes com uma maior segurança tanto para as pessoas como para os seus bens. Os locais são assim recuperados, prevendo uma remoção parcial do edificado permitindo sob medidas de melhoria e adaptabilidade mantê-las fora do perímetro de risco [ibid].



Figura 2.19. Praia de Paramos, Espinho em obras de requalificação do esporão¹⁸.



Figura 2.20. Praia de Paramos, Espinho¹⁹.

2.1.4. DIRETIVA 2007/60/CE

A Diretiva comunitária 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 23 de outubro de 2007 tem por objetivo estabelecer um quadro para a avaliação e gestão dos riscos e inundações, a fim de reduzir as consequências associadas às inundações na Comunidade, prejudiciais para a saúde humana, o ambiente, o património cultural e as atividades económicas.

A Diretiva comunitária considera o seguinte:

1. “As inundações podem provocar a perda de vidas, a deslocação de populações e danos no ambiente, comprometer gravemente o desenvolvimento económico e prejudicar as atividades económicas da Comunidade;
2. As inundações são um fenómeno natural que não pode ser evitado. No entanto, determinadas atividades humanas (como o aumento das aglomerações humanas e dos bens económicos nas planícies aluviais e a redução da retenção natural de água devido à utilização do solo) e as alterações climáticas contribuem para um aumento da probabilidade de ocorrência de inundações e do respetivo impacto negativo;
3. É possível e desejável reduzir o risco de consequências prejudiciais associadas às inundações, especialmente para a saúde e a vida humanas, o ambiente, o património cultural, as atividades

¹⁸ Fonte: <http://www.espinho.tv/arrancaram-as-obras-na-praia-de-paramos/> - consultado em 28/09/2016

¹⁹ Fonte: <https://www.playocean.net/portugal/espinho/praias/praias-de-paramos> - consultado a 28/09/2016

económicas e as infraestruturas. Contudo, para serem eficazes, as medidas de redução destes riscos deverão ser tantas quanto possíveis coordenadas à escala das bacias hidrográficas.”

Como tal, a presente diretiva aconselha os estados membros a elaborarem cartas de zonas inundáveis e cartas de riscos de inundações (Tabela 2.5). As cartas de zonas inundáveis devem cobrir as zonas geográficas suscetíveis de serem inundadas e as cartas de riscos de inundações devem indicar as potenciais consequências prejudiciais associadas às inundações nos cenários referidos.

Tabela 2.5. Critérios impostos pela Diretiva 2007/60/CE para a cartografia de zonas inundáveis e cartografia de risco de inundações.

Carta de zonas inundáveis	Fraca probabilidade de cheias ou cenários de fenómenos extremos
	Probabilidade média de cheias (periodicidade provável igual ou superior a 100 anos)
	Probabilidade elevada de cheias, quando aplicável
Carta de riscos de inundações	Número indicativo de habitantes potencialmente afetados
	Tipo de atividade económica da zona potencialmente afetada

Dos vários tipos de inundações que ocorrem — cheias de origem fluvial, inundações urbanas e inundações marítimas em zonas costeiras — o enfoque neste primeiro ciclo de planeamento (terminado em 2013) foram as cheias de *origem fluvial*. Foram identificadas 22 zonas críticas²⁰ em Portugal Continental, onde existem riscos potenciais significativos, tendo por base a compilação da informação sobre ocorrências e suas consequências, nomeadamente em termos de perdas de vidas humanas e em número de desalojados entre 2010 e 2012, (concluído em 2015) ²¹.

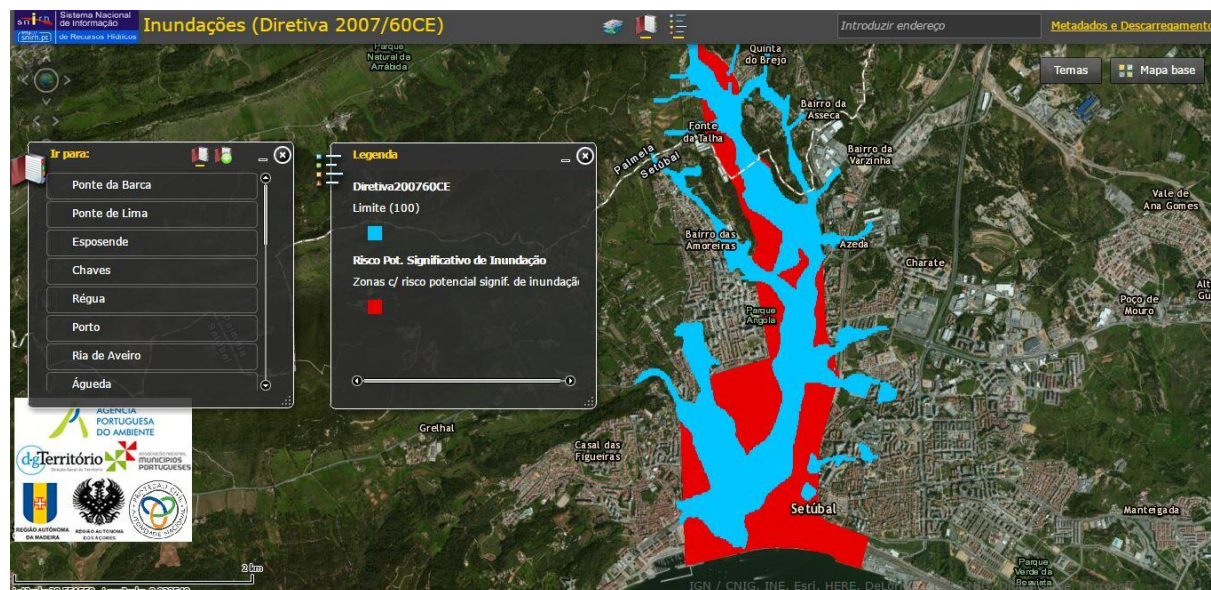


Figura 2.21. Disponibilização das zonas críticas encontradas pela Comissão Nacional da Gestão dos Riscos de Inundações para Portugal Continental, disponível no visualizador online da APA no sítio: <http://sniamb.apambiente.pt/Diretiva60CE2007/>. No visualizador é possível ver a probabilidade média de cheias, limite 20 anos, 100 anos e 1000 anos, (a azul), bem como as zonas de risco potencial significativo de inundação (a vermelho) – Zona de Setúbal.

²⁰ Ao abrigo do n.º 1 do artigo 17.º do Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro foi criada a Comissão Nacional da Gestão dos Riscos de Inundações (CNGRI), destinada a acompanhar a aplicação da Diretiva 2007/60/CE, de 23 de outubro, cujo regulamento foi homologado em 4 de fevereiro de 2015. Este órgão administrativo colegial funciona junto da Autoridade Nacional da Água, cuja função é realizada pela APA. A comissão integra a Agência Portuguesa do Ambiente, a Autoridade Nacional da Proteção Civil (ANPC), a Direção-Geral do Território (DGT), a entidade com atribuições no planeamento e gestão da água na Região Autónoma dos Açores, a entidade com atribuições no planeamento e gestão da água na Região Autónoma da Madeira e a Associação Nacional de Municípios Portugueses (ANMP).

²¹ É possível aceder aos relatórios de cada região hidrográfica, bem como aos Planos de Gestão de Riscos de Inundações (PGRI) em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=1250>

A disponibilização destas cartas permite conhecer a probabilidade de inundação e respetivo risco a que estão sujeitas as habitações, atividades económicas, património e ambiente, quando inseridas ou a inserir nas áreas identificadas nesta cartografia. Essas cartas podem ser consultadas através do visualizador online disponível no site da APA (Figura 2.21).

2.1.4.1. Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC)

Para o litoral existe uma estratégia definida, assente nos princípios da Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC)²², que reconhece explicitamente

“a necessidade de integrar a problemática das alterações climáticas na gestão costeira, de forma a incorporar medidas e orientações sectoriais específicas de adaptação às alterações previsíveis (e.g. subida do nível médio do mar, acidificação do oceano, aumento da temperatura média global das águas superficiais oceânicas, entre outras, ou seja, alteração dos sistemas, ecossistemas e paisagens costeiras)” [Santos et al., 2014].

No âmbito do despacho n.º 6574/2014, de 20 de maio, foi constituído o Grupo de Trabalho para o Litoral (GTL) com o objetivo de *“desenvolver uma reflexão aprofundada sobre as zonas costeiras, que conduza à definição de um conjunto de medidas que permitam, no médio prazo, alterar a exposição ao risco, incluindo nessa reflexão o desenvolvimento sustentável em cenários de alterações climáticas”*.

O objetivo do GTL foi o de propor medidas²³ para cada troço de costa (oito células sedimentares) identificado e caracterizado como zona crítica de risco e definir a sua priorização. Nessas medidas foram incluídas [D6574/2014]:

- Avaliação do desempenho das obras de defesa costeira, atentos os investimentos efetuados e os necessários no futuro, e os objetivos da sua construção, no contexto do troço costeiro da sua área de influência e ponderação de eventuais alternativas de intervenção;
- Avaliação das propostas de usos e ocupação do território nos Instrumentos de Gestão Territorial com incidência nas zonas críticas de risco na orla costeira perspetivando opções de proteção, acomodação ou recuo;
- Modelo de Governança da zona costeira;
- Ações que promovam uma maior informação e participação dos principais atores e da população em geral nas questões relativas às zonas costeiras;
- Análise e ponderação da aplicação da ENGIZC e proposta de eventuais alterações, para que esta seja o documento enquadrador das ações a levar a cabo;
- Orientações para a elaboração dos POOC de nova geração;
- Elaboração de estimativas orçamentais para as ações propostas;
- Avaliação dos *impactes* socioeconómicos das ações propostas.

De acordo com as características geomorfológicas e dinâmicas sedimentares, o litoral de Portugal continental foi dividido em 8 células sedimentares (Figura 2.22). Foram ainda definidas sub-células sedimentares cujas fronteiras correspondem a descontinuidades na magnitude e direção do transporte sedimentar [Santos et al., 2014].

²² Aprovada pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 82/2009, de 8 de setembro.

²³ Para melhor esclarecimento das conclusões obtidas ver: Santos, F., A.M. Lopes, G. Moniz, L. Ramos e R. Taborda (2014). “Gestão da Zona Costeira – O Desafio da Mudança – Sumário Executivo e Recomendações”. *Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral*, p. 27.

Segundo o Santos *et al.* [2014] um dos principais objetivos da adaptação é reduzir a vulnerabilidade e o risco, assim, será necessário identificar e utilizar indicadores de risco e vulnerabilidade que permitam avaliar o processo de adaptação de forma tanto quanto possível quantitativa.

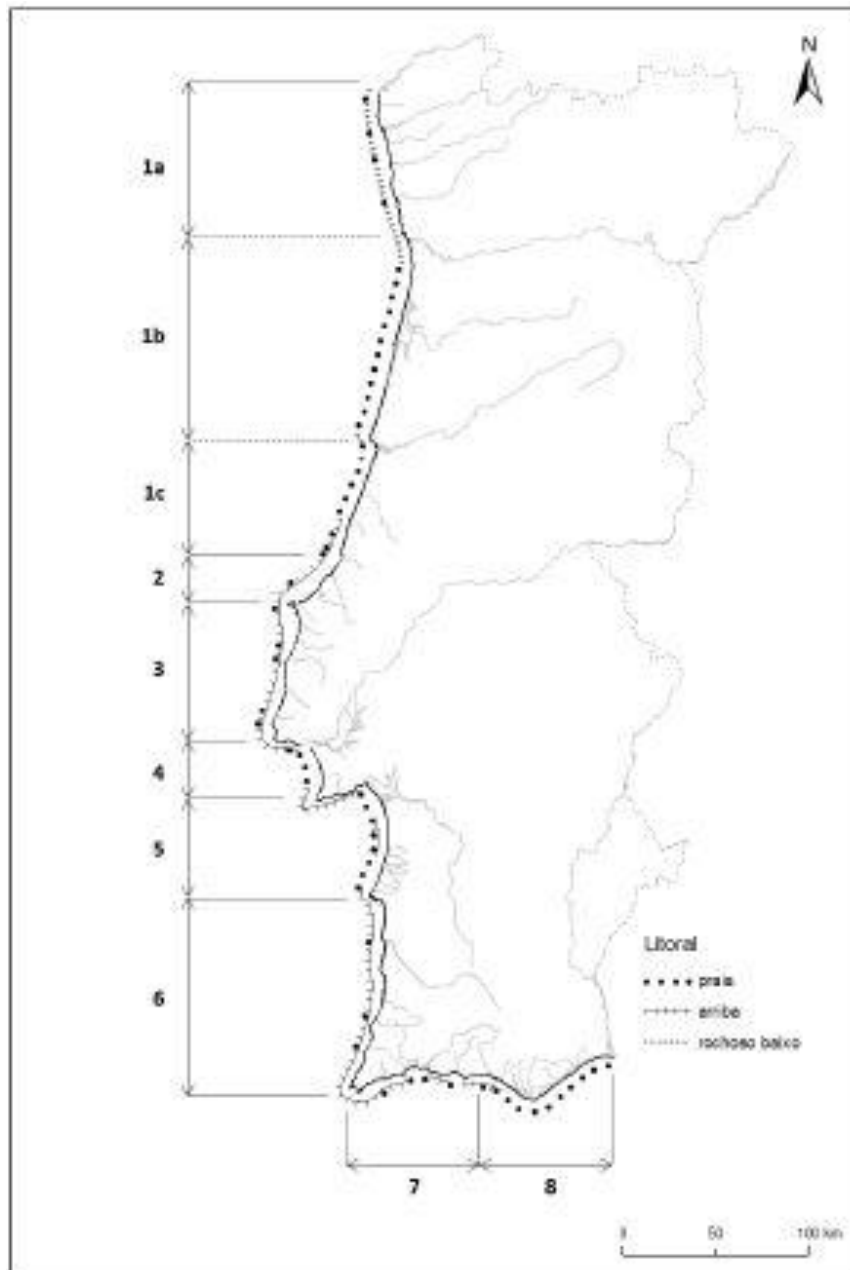


Figura 2.22. Geomorfologia simplificada do litoral português e divisão em células sedimentares [Fonte: Santos *et al.*, 2014].

Tendo em conta os trabalhos enumerados em cima, serão identificadas nesta dissertação as zonas mais vulneráveis ao galgamento costeiro, nos três horizontes temporais semelhantes aos definidos no GTL (2020, 2050 e 2100) com diferentes períodos de retorno, englobando o período de retorno de 100 anos que é exigido na Diretiva 2007/60/CE.

2.2. Conceitos e definições teóricas

2.2.1. MARÉ E VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR

A maré tem como causa a atração gravitacional do Sol e da Lua, sendo a influência da Lua muito superior, pois embora a sua massa seja muito menor que a do Sol, esse facto é compensado pela menor distância à Terra. Matematicamente a maré oceânica é uma soma de ondas constituintes (sinusoides) cuja periodicidade é conhecida e depende exclusivamente de fatores astronómicos [Instituto Hidrográfico, 2016]. Uma vez que as órbitas da Terra e da Lua não são circulares, mas elípticas e, o plano da órbita da Terra (plano da eclíptica) não coincide com o plano do Equador, existe um efeito de perturbação ao eixo de rotação da Terra e, consequentemente, ao plano da sua órbita, causando alterações no alinhamento entre os três astros. Além disso, o plano da órbita da Lua faz um ângulo fixo com o plano da eclíptica, rodando lentamente a linha de interseção dos planos (linha dos nodos), completando-se essa rotação em 18.6 anos, a maior periodicidade associada às marés, verificando-se assim uma variação dos extremos atingidos pela maré em cada ano – *ciclo nodal lunar* [ibid].

Podem ocorrer três tipos de marés, marés diurnas, semi-diurnas ou marés mistas. Se no mesmo dia ocorrem duas marés-altas e duas marés-baixas de valores aproximadamente iguais, então a maré é designada de semi-diurna, como se verifica em todo o território de Portugal. Dada a variação da posição dos astros ao longo de um mês, ocupando posições de alinhamento e de quadratura consoante as fases da Lua, as marés podem apresentar diferentes valores de amplitude. As de maior amplitude são as marés-vivas (AV, Águas-Vivas) e as de menor amplitude as marés-mortas (AM, Águas-Mortas).

As *marés vivas* ocorrem quando o Sol e a Lua estão alinhados em oposição (Lua cheia) ou conjunção (Lua nova) e, quando os astros se encontram sobre o Equador ou próximo dele, as marés têm uma maior amplitude. No caso do Sol esse fenómeno ocorre nos equinócios: o da Primavera perto de 21 de março e o do Outono perto de 22 de setembro, sendo as *marés-vivas* que ocorrem próximo dos equinócios denominadas de *marés-vivas* equinociais. Por outro lado, quando o Sol e a Lua estão em quadratura (Quarto crescente e Quarto minguante), a influência do Sol contraria a da Lua e ocorrem as *marés-mortas* [ibid]. As marés-vivas de solstício (verão e inverno) apresentam normalmente as menores amplitudes do ano.

A observação de maré é feita por marégrafos (usando diferentes tecnologias de medição e registo), com registos horários do nível da superfície instantânea do mar em relação a uma marca de referência. Esta observação de nível do mar pode ser registada e convertida na forma de elevação da maré (variação do nível do mar em relação ao NMM) ou na forma de altura de maré (variação em relação ao zero hidrográfico - ZH), sendo a altura de maré dada pela soma da elevação de maré com o valor de ZH local [Antunes, 2012]. Deste modo, tem-se a grandeza de elevação de maré a oscilar em torno do nível médio de maré (ou NMM, a menos de efeitos de subida do NMM e de efeitos de sobrelevação meteorológica), assumindo valores positivos (na Preia-Mar – PM) e valores negativos (na Baixa-Mar – BM). Já a grandeza de altura de maré é sempre positiva, a menos de situações extremas de forçamento meteorológico ou outro que cause um abaixamento significativo da maré abaixo do ZH [ibid].

As tabelas de maré são calculadas a partir de modelos harmónicos de previsão para cada marégrafo, podendo obter-se níveis médios e extremos, de PM e BM, em AV e AM, de forma a caracterizar as amplitudes anuais de oscilação da maré respetiva. A Figura 2.23 mostra o modelo de maré astronómica anual para Cascais para 2016. De realçar que estes valores não contemplam a componente de forçamento meteorológica da maré (sobrelevações meteorológicas).

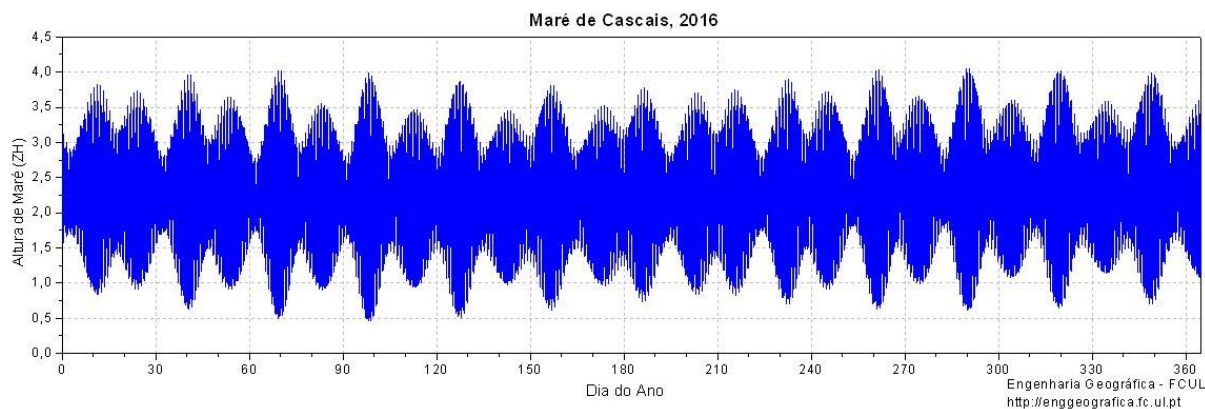


Figura 2.23. Gráfico anual da maré de Cascais, relativo ao ano de 2016²⁴. [Extraído de Antunes, 2007]

Outro fator a ter em conta é a variabilidade do Nível do Mar, à parte da maré astronómica que é uma variação periódica regular (harmónica) existem outras variações não regulares de curto, médio ou longo período. Dentro das variações de médio período destacam-se as de forçamento meteorológico que podem projetar o nível do mar para valores muito superiores (na ordem de 1 m para a costa portuguesa) à previsão da maré astronómica com consequências extremas. Tal como referido em 2.1.1.3 são variações periódicas não regulares que resultam de um forçamento atmosférico associado à passagem de sistemas depressionários e ventos fortes, que quando em conjugação provocada pela passagem de tempestades, resultam na SM do nível do mar. Nas variações de curto período consideram-se as variações de alta frequência que são desencadeadas através de fenómenos de forçamento de ventos locais ou de agitação marítima [Dias and Taborda, 1992].

2.2.2. SISTEMAS DE REFERÊNCIA VERTICAIS EM PORTUGAL

2.2.2.1. Datum altimétrico de Cascais de 1938

O sistema altimétrico em Portugal continental é definido a partir de uma referência materializada, o *Datum* Altimétrico de Cascais de 1938, definido a partir da média das observações do nível do mar registadas no antigo marégrafo de Cascais, entre 1882 a 1938. Os registos e observações do nível do mar são referidos a uma marca de referência localizada junto ao marégrafo que serve de ponto de partida para o nivelamento geométrico estendido a toda a rede nacional de nivelamento e que estabelece o sistema nacional de altitudes ortométricas [Antunes, 2012]. Esta marca de referência, que materializa o *Datum* altimétrico nacional, encontra-se a uma altitude de 4.308 m em relação ao NMM de Cascais de 1938, ou seja, o NMM1938 está localizado 4.308 m abaixo desta marca de referencia [*ibid*].

Segundo Antunes [2012], a definição de um sistema de referência altimétrico relaciona a altitude de um qualquer ponto à superfície terrestre com a superfície de referência, medida ao longo da linha vertical entre a superfície de referência (geoide) e o ponto da superfície topográfica. O sistema nacional de referência vertical é então definido por um conjunto de altitudes ortométricas estendido a todo território nacional continental através da rede de linhas de nivelamento geométrico e da rede geodésica nacional. Por norma, todo e qualquer modelo numérico de terreno (usualmente designado por MDT – Modelo Digital de Terreno) tem como referência altimétrica o *Datum* nacional, *datum* altimétrico de Cascais 1938.

²⁴ <http://webpages.fc.ul.pt/~cmantunes/hidrografia/CASCAIS2016.jpg> - consultado a 11 Novembro 2016

2.2.2.2. Zero Hidrográfico

O Zero Hidrográfico (ZH) define o *datum* vertical para a cartografia náutica, para os valores de altura de maré dos modelos de previsão e para as sondas e profundidades do fundo marinho. De modo a compatibilizar profundidades ou alturas de maré com a informação altimétrica da cartografia terrestre, os valores de maré têm de ser reduzidos do ZH da respetiva região. Dado que este valor depende da amplitude de maré de cada porto hidrográfico, o ZH varia de região para região.

Em Portugal vigora, a definição de ZH dado pela mais baixa das Baixa-Mar registadas num período nodal (18.6 anos), acrescida do chamado “pé de piloto” (aproximadamente 30 cm). No território continental tem-se o valor do ZH de 2.00 m abaixo do NMM1938 para toda a costa portuguesa, com a exceção da zona do estuário do Tejo, que se situa a 2.08 m abaixo do NMM1938. Nas regiões autónomas, porque a maré nos oceanos é de amplitude inferior à das zonas costeiras e estuarinas continentais, tem-se o ZH de 1.40 m na Madeira e de 1.00 m nos Açores [Antunes, 2012].

2.2.3. MODELO DIGITAL DE TERRENO

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) são superfícies digitais que representam o relevo existente na superfície terrestre. Consistem em funções contínuas, embora com representação discreta, em que a cada ponto de coordenadas planimétricas (X,Y), é associado um e um só valor da altitude correspondente [Matos, 2008]. Quanto melhor for a qualidade e maior a densidade da amostra de pontos utilizados na sua criação, maior será a precisão do modelo.

Sendo ambos considerados de MDE, os Modelos Digitais de Terreno (MDT) representam o relevo ao nível do terreno enquanto que os Modelos Digitais de Superfície (MDS) são representações da superfície que englobam o edificado e as infraestruturas, assim como as árvores existentes sobre o terreno (Figura 2.24).

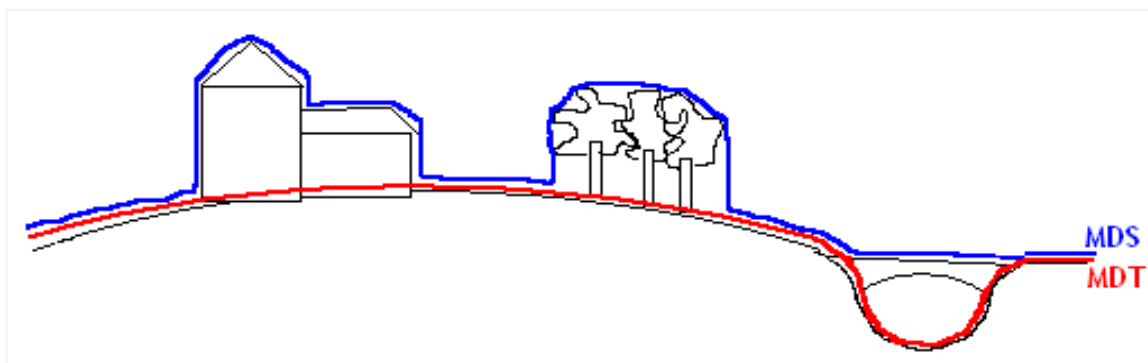


Figura 2.24. Diferença entre MDT e MDS. [Fonte: Redweik, 2015]

A estereofotogrametria, a correspondência automática de imagens (processamento digital de imagem), o Laser-scanning (LiDAR – *Light Detection and Ranging*) ou a Interferometria de radar (InSAR) constituem os diversos métodos para a recolha da amostra primária de pontos cotados necessários à elaboração de MDEs.

A representação do relevo pode ser descrita de diversas formas, tais como [Redweik, 2015]:

- por curvas de nível, linhas de cota constante e orientação variável no plano (XOY);
- por perfis, linhas de orientação constante no plano (XOY) e com cota variável;
- por conjuntos de pontos cotados de distribuição regular ou irregular no plano (XOY);

- por uma superfície contínua multifacetada composta por planos adjacentes (triângulos) de orientação espacial variável ou por um conjunto de superfícies de curvatura variável limitadas por figuras geométricas regulares no plano (XOY).

Segundo Matos [2008] em todas as formas de construção de MDE existe propagação da altitude conhecida num dado conjunto de pontos, para outros quaisquer pontos da região a integrar no modelo, realizada através de métodos de interpolação. O formato TIN (*Triangulated Irregular Network*) e o formato GRID destacam-se como forma de estruturação dos dados nas metodologias de realização de MDE.

A construção de um modelo TIN (Figura 2.25), baseia-se na triangulação de uma amostra de pontos cotados com distribuição irregular, sendo ela proveniente diretamente de medições realizadas sobre o solo ou extraída indiretamente de curvas de nível ou perfis restituídos. A partir da amostra de pontos é gerada uma rede de triângulos cujos vértices vão corresponder aos pontos cotados da amostra. Por fim, geram-se superfícies planas limitadas por cada um dos triângulos e a cota de cada ponto (X,Y) incluído no terreno, definida pela cota dos vértices triangulares respetivos [Redweik, 2015].

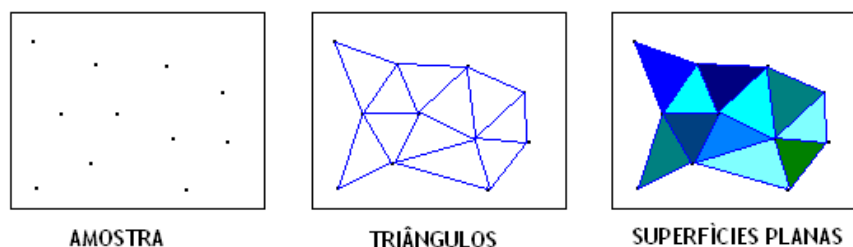


Figura 2.25. Passos para a geração de um modelo TIN. [Fonte: Redweik, 2015].

A rede de triângulos criada a partir da amostra tem de seguir certos critérios para uma melhor adaptação à distribuição local e geral dos pontos da amostra, sendo o método utilizado mais frequentemente o da triangulação de *Delaunay* [ibid], onde os triângulos são definidos de modo a que o círculo que passa pelos três vértices de qualquer triângulo não contenha nenhum outro ponto da amostra no seu interior.

Segundo Matos [2008], a superfície TIN é por si mesma um MDT, mas também é um suporte habitual para a construção de modelos com outro tipo de estrutura de dados, como por exemplo os modelos matriciais. Desta forma, um modelo GRID pode ser gerado a partir de uma amostra primária de pontos cotados, mas os procedimentos são diferentes consoante a distribuição espacial da amostra seja regular ou irregular. Caso seja irregular, o processo tem de passar primeiro pela criação de um modelo TIN, a partir do qual se interpolam depois as cotas de pontos regularmente espaçados, com os quais se cria então o modelo GRID, sendo este conjunto de pontos denominado de amostra secundária (Figura 2.26). Caso a amostra de pontos seja regular, pode-se gerar o modelo GRID diretamente a partir desta.

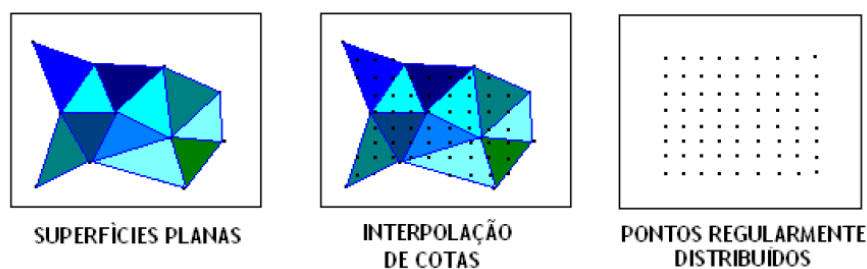


Figura 2.26. Amostra secundária a partir de um modelo TIN criado com a amostra primária. [Fonte: Redweik, 2015]

Este pode ser composto por células regulares de cota constante no seu interior, com a mesma cota do ponto da amostra, ou pode ser construído por uma malha regular cujos nodos são os pontos da amostra com as respectivas cotas. No primeiro caso, a cota de cada ponto é determinada pela cota da célula onde este se insere, no segundo caso, por interpolação numa superfície curva que se adapte às cotas dos nodos da malha onde o ponto está inserido e, por vezes, das malhas vizinhas [Redweik, 2015].

Segundo Redweik [2015], o modelo TIN tem a vantagem de se adaptar muito facilmente a qualquer tipo de amostra primária, tendo, no entanto, a desvantagem de apresentar uma estrutura muito complexa. Em contrapartida, o modelo GRID apresenta uma estrutura muito simples, mas adapta-se dificilmente a qualquer tipo de amostra primária, obrigando à derivação de uma amostra secundária a partir de um TIN.

Nesta dissertação os MDTs foram gerados através dos dados disponibilizados pela DGT por Estereofotogrametria. Os levantamentos aerofotogramétricos para a aquisição do conjunto de dados geográficos de base numa área de aproximadamente 513400 ha da faixa litoral de Portugal foram executados no âmbito de uma parceria entre a DGT e a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (APA, I.P.)²⁵. De toda a informação geográfica adquirida distinguem-se dois conjuntos de dados:

- Fotografia aérea de alta resolução (resolução de 10 cm no terreno) a partir de levantamentos aerofotogramétricos, para a totalidade da área (Figura 2.27a);
- Modelos Digitais do Relevo adquiridos com tecnologia LiDAR, numa faixa de aproximadamente 1 km de largura ao longo da costa e nos estuários (cerca de 124500 ha) (Figura 2.27b).



Figura 2.27. Trecho da zona da Costa da Caparica cuja informação geográfica é disponibilizada pela DGT no seu visualizador online: <http://mapas.dgterritorio.pt/lidar/>. a) Ortofotos criadas a partir do levantamento aerofotogramétrico realizado em 2008, da faixa do litoral português e dos estuários dos rios cuja resolução final disponibilizada foi de 2 m; b) MDT obtido a partir do levantamento por tecnologia LiDAR realizado em 2011, de uma faixa de 1 Km de largura ao longo da costa portuguesa.

Sendo a **fotografia aérea** uma fonte de dados muito utilizada para a produção de cartografia, permitindo garantir um conhecimento regular da evolução do território nacional, a informação extraída de uma cobertura aerofotogramétrica é absolutamente vital para um desenvolvimento sustentável de qualquer país, sendo um suporte imprescindível ao desenvolvimento de atividades de ordenamento e gestão do

²⁵ Financiados no quadro do Plano de Ação para o Litoral 2007-2013, pelo Programa Operacional Temático Valorização do Território (POVT).

território, de preservação e valorização de recursos naturais e patrimoniais e de promoção e gestão de atividades económicas e sociais [DGT, 2016].

2.2.4. MÉTODO DA ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)

O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) foi desenvolvido por Thomas L. Saaty no fim da década de 70, tendo raízes nos trabalhos de Miller desenvolvidos nos anos 60 [Barzilai, 2010], sendo publicado pela primeira vez em 1980. É um método cada vez mais utilizado nos trabalhos de conceção de Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão baseados numa abordagem multi-atributo uma vez que é de fácil implementação em sistemas informáticos e o seu modelo matemático apresenta um cálculo algébrico relativamente simples. É possível encontra-lo implementado em aplicações SIG entre as ferramentas de base ou na forma de *plugins*: ArcGIS, IDRISI, QGIS e GRASS são alguns dos exemplos [Nunes, 2015].

O método destina-se a hierarquizar um conjunto de alternativas avaliadas em função de um conjunto de critérios. Este método calcula os pesos usados na ordenação das alternativas a partir de uma matriz onde o decisor efetua comparações de relação de importância entre os critérios (atributos) característicos das diferentes alternativas [Le Cozannet *et al.*, 2013].

Segundo Saaty [1987], este método surgiu da necessidade de dar resposta à combinação de diferentes alternativas, medidas em diferentes escalas de referência, a serem analisadas tendo em conta a experiência e a perceção do valor dos decisores. Nesta dissertação, foi usada a escala de nove níveis proposta por Saaty [1987] na comparação par a par (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 - Escala de preferências com nove níveis. [Adaptado de Saaty, 1987].

Intensity of importance on the absolute scale	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two activities contribute equally to the objective
3	Moderate importance of one over another	Experience and judgment strongly favor one activity over another
5	Essential or strong importance	Experience and judgment strongly favor one activity over another
7	Very strong importance	An activity is strongly favored and its dominance demonstrated in practice
9	Extreme importance	The evidence favoring one activity over another is of the highest possible order of affirmation
2,4,6,8	Intermediate values between the two adjacent judgments	When compromise is needed
Reciprocals	If activity <i>i</i> has one of the above numbers assigned to it when compared with activity <i>j</i> , then <i>j</i> has the reciprocal value when compared with <i>i</i>	

Os resultados deste método dependem assim da perspetiva dos decisores relativamente à importância de cada critério utilizado, sendo que o respetivo resultado depende dos parâmetros de entrada para o modelo.

Para a determinação dos pesos Saaty [1987] baseia-se no conceito de “*Eigenvectors*” também designados *vetores próprios* associados aos sistemas de equações lineares. Os “*eigenvalues*” são o conjunto de *valores próprios* associados aos vetores próprios. É provado que os vetores e valores próprios podem ser utilizados para extração dos pesos (vetores de prioridades) a partir de uma matriz de comparação de critérios par a par. De seguida é apresentado o formulário do método AHP extraído e proposto por Saaty [1987]:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (2.3)$$

$$a_{ij} * a_{jk} = a_{ik} \quad (2.4)$$

$$Aw = \lambda w \quad (2.5)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \dots & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \lambda \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}w_j = \lambda_{max}w_i \quad (2.7)$$

$$(A - \lambda I)w = 0 \quad (2.8)$$

$$\det(A - \lambda I) = 0 \quad (2.9)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.10)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} < 10\% \quad (2.11)$$

O autor parte do conceito de vetores próprios presente em (2.5) para determinar o conjunto de vetores de pesos. A matriz dos vetores próprios é utilizada para determinar o vetor de pesos resultante da normalização do vetor próprio correspondente ao valor próprio máximo. O índice de consistência é determinado através do valor próprio máximo (2.10) que depois é comparado com um valor de referência determinado aleatoriamente (Tabela 2.7) através de (2.11). Se a diferença entre os dois for inferior a 10%, Saaty [1987] considera que a matriz de comparações é consistente e respeita a condição presente na (2.4).

Tabela 2.7 – Índice de consistência aleatória proposto por Saaty. [Adaptado de Saaty, 1987]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.49

Segundo Saaty [1987] as vantagens deste método são:

- a estruturação hierárquica permite organizar os problemas de decisão de uma forma perceptível para os decisores;
- obtenção de prioridades, através do método de vetores próprios com uma elevada simplicidade matemática que representa um atrativo;
- a consistência lógica. Segundo o autor a consistência lógica da matriz de comparações é garantida pela análise do “*Consistency Ratio*” comparando-o com a “*Random Consistency*”.

Como foi dito anteriormente, este método é cada vez mais utilizado em estudos de conceção de sistemas de apoio à decisão, tais como, para a cartografia de zonas de risco e suscetibilidade a deslizamentos de terra (e.g. Ayalew *et al.*, 2005; Gorsevski *et al.*, 2006), de perigo de terramoto (e.g. Pal *et al.*, 2008), de

zonas inundáveis (e.g. Nguyen M. *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2011), e por fim para o estudo de vulnerabilidade costeira²⁶.

²⁶ Como o caso de Yin *et al.*, [2012], falado no Capítulo 2.1.2 – Página 8.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE FÍSICA COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL

Neste capítulo será apresentada uma proposta de metodologia para a determinação da cartografia de vulnerabilidade física costeira em Portugal Continental que, como demonstrado no capítulo anterior é de extrema importância às entidades de gestão e ordenamento do território de modo a identificar as áreas prioritárias às intervenções de prevenção e/ou mitigação de impactos provocados pela subida do NMM.

Primeiro, é feita uma caracterização da área de estudo e das componentes intrínsecas ao modelo do IVC proposto devido às alterações climáticas usadas para o modelo de vulnerabilidade costeira, ou seja, das marés, do regime de agitação marítima e da sobrelevação meteorológica em Portugal Continental.

Para a obtenção de uma estimativa rigorosa da área de terreno afetada pelo avanço do mar, usaram-se as projeções de sNMM e a caracterização da sobrelevação meteorológica apresentadas em Antunes [2014] e Vieira *et al.* [2012], respetivamente. Tendo por base os valores de extremos, o modelo pressupõe que, toda a zona costeira com probabilidade de ocorrência de inundação ou galgamento costeiro seja, classificada com diferentes níveis de vulnerabilidade, desde Muito Baixo (1) a Extremo (5).

Tendo por base a literatura exposta no capítulo anterior, procurou-se adaptar as diferentes técnicas (maioritariamente regionais ou locais) para a produção da cartografia de vulnerabilidade costeira, como modelo nacional. Foram utilizados seis parâmetros físicos de vulnerabilidade, a rede hidrográfica, o tipo de costa, a distância à linha de costa, a geologia, a litologia e o uso do solo. É utilizada uma técnica de análise multi-atributo (método AHP) para o cálculo da componente analítica do modelo de cálculo do Índice de Vulnerabilidade Costeira proposto nesta dissertação.

O tratamento da informação geoespacial utilizada foi feita recorrendo ao software Fortran95 (para processamento numérico e amostragem dos dados) e ArcGis 10.3.1 for Desktop (Esri). Para a produção dos resultados de cartografia de vulnerabilidade foi utilizada a aplicação Arcmap 10.3.1 (Esri), sendo estes, apresentados no sistema de coordenadas ETRS89/PT-TM06.

Sendo esta uma proposta de metodologia para a determinação da cartografia de vulnerabilidade costeira pioneira a nível nacional, a abordagem e o modelo são independentes dos softwares utilizados.

3.1. Caracterização da zona costeira em Portugal Continental

O litoral de Portugal Continental estende-se desde o sul do rio Minho até à boca oeste do rio Guadiana por cerca de 987 km. A costa ocidental Portuguesa desenvolve-se aproximadamente na direção N-S, entre a foz do Rio Minho (41°52'N, 8°52'W) situada na fronteira norte, e o cabo de S. Vicente (37°01'N, 9°00'W) [Instituto Hidrográfico, 2006], enquanto que a costa sul vai desde o Cabo de S. Vicente à foz do Rio Guadiana (37°14' N, 7°22' W).

O litoral português contém extensas praias de areia apoiadas por dunas, falésias altas, baías, estuários, lagoas e ilhas barreira, albergando 75% da população, os principais centros de decisão política, polos comerciais e industriais e oportunidades de emprego [Andrade *et al.*, 2006]. As principais atividades económicas nestas zonas são o transporte marítimo, a atividade portuária, o turismo, as atividades balneares e de lazer, a náutica, as pescas, a aquacultura, a salicultura, os recursos minerais e energéticos, atividades muito importantes para o país contribuindo com cerca de 85 % do PIB nacional e razão desta ser uma zona estratégica para o país [Andrade *et al.*, 2002].

Segundo o documento “Bases para a Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional” de Veloso-Gomes *et al.* [2007] define-se os seguintes conceitos:

- **Litoral** – termo geral que descreve porções do território que são influenciadas direta e indiretamente pela proximidade do mar;
- **Zona costeira** – porção de território influenciada direta e indiretamente em termos biofísicos pelo mar (ondas, marés, ventos, biota ou salinidade) e que pode ter para o lado de terra largura tipicamente de ordem quilométrica e se estende, do lado do mar, até ao limite da plataforma continental;
- **Orla costeira** – porção do território onde o mar exerce diretamente a sua ação, coadjuvado pela ação eólica, e que tipicamente se estende para o lado de terra por centenas de metros e se estende, do lado do mar, até à batimétrica dos 30 m (englobando a profundidade de fecho);
- **Linha de costa** – fronteira entre a terra e o mar; materializada pela interceção do nível médio do mar com a zona terrestre.

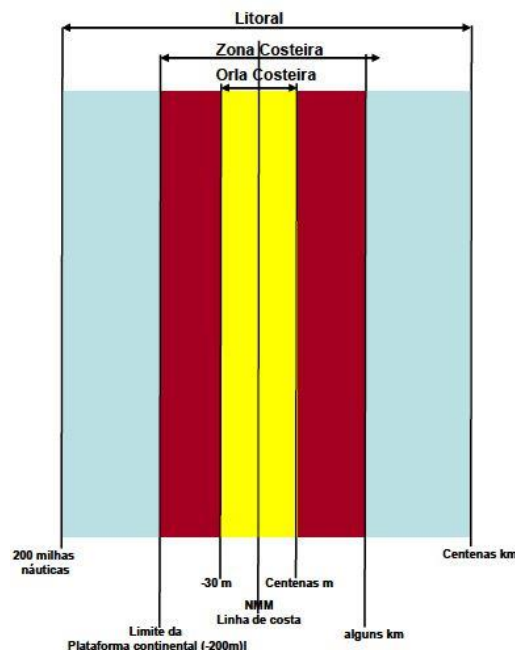


Figura 3.1. Limites costeiros. [Fonte: Veloso-Gomes *et al.*, 2007]

Existem ações naturais suscetíveis à modificação da morfologia do litoral bem como da posição da linha de costa. Estas ações provocam erosão/acreção do litoral, a subida/descida do NMM, galgamentos e inundações costeiras. Uma melhor compreensão destas ações é essencial para a análise da vulnerabilidade costeira às ações do mar, assim faz-se de seguida uma breve descrição do regime de marés, da agitação marítima e da sobrelevação meteorológica em Portugal Continental.

3.1.1. MARÉS

Em termos genéricos, a maré astronómica em todo o território nacional, continente e ilhas, é do tipo semidiurno com uma desigualdade diurna pouco significativa, de maior magnitude em águas-mortas (AM), ou ainda em preia-mar (PM) de águas-vivas (AV). Este tipo de maré é caracterizado por uma onda com período médio de 12h25 min, com duas PM e duas BM diárias, resultando num atraso médio de 50 minutos por dia. No território continental, a amplitude média da maré astronómica é da ordem dos 2.1 m, atingindo uma altura em AV de 3.6 m (4.1 m para o caso de Lisboa e 3.65 m em Cascais, relativo ao ano de 2011) [Antunes, 2007].

Ao longo da costa portuguesa (Tabela 3.1) a maré tem uma amplitude de onda máxima na ordem de 1.70 m, podendo atingir 1.80 m no caso de Viana do Castelo e 1.85 m em Cascais e, excecionalmente, 2.10 m em Lisboa devido ao facto de ser um regime de maré estuarina [*ibid*] (Figura 3.2). Para o caso particular do estuário do Tejo, nomeadamente para Lisboa, bem como, para as rias Formosa e de Aveiro, há que considerar o efeito de propagação da onda de maré ao longo do estuário, uma vez que a onda de maré que transporta uma dada quantidade de energia a uma determinada velocidade, ao entrar num estuário, confinado por um determinado prisma de maré, perde velocidade (atraso de fase) e aumenta a sua amplitude devido a conservação de energia total da onda (Figura 3.2).

Tabela 3.1. Tabelas de Médias e Valores Extremos de Maré para os marégrafos de Leixões, Lisboa, Cascais, Sines e Lagos para 2016. [Fonte: Antunes, 2007]

Marégrafo	NM	Preia-Mar					Baixa-Mar				
		máx	min	med	av	am	máx	min	med	av	am
Leixões	2.18	4.10	2.62	3.31	3.65	2.92	1.72	0.34	1.05	0.71	1.44
Lisboa	2.35	4.38	2.87	3.61	3.96	3.20	1.89	0.30	1.10	0.75	1.51
Cascais	2.26	4.05	2.70	3.33	3.66	2.96	1.85	0.46	1.19	0.87	1.56
Sines	2.18	3.95	2.62	3.24	3.58	2.86	1.82	0.37	1.12	0.81	1.48
Lagos	2.10	3.92	2.52	3.18	3.51	2.80	1.69	0.30	1.02	0.70	1.40

O valor de ZH, função da amplitude de oscilação da onda de maré de um determinado local em relação ao NMM, é definido e realizado para uma determinada época, com base na série maregráfica. Assim, os valores de ZH atualmente válidos para o território nacional correspondem a valores do nível médio da maré relativos à época da definição do *Datum* Vertical Cascais 1938. No caso de Lisboa, este valor do ZH era originalmente 2.20 m abaixo do nível médio físico da maré, situando-se atualmente no valor de 2.35 m devido subida do NMM; ao passo que, em Cascais era originalmente de 2.08 m (o ZH oficial), e atualmente 2.26 m.

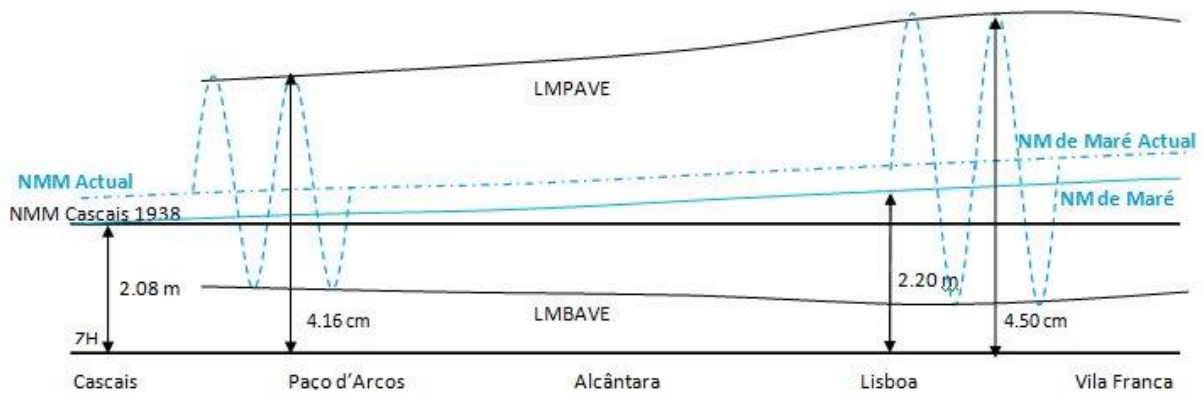


Figura 3.2. Geometria da maré no estuário do Tejo. Relação entre o NMM1938 e o ZH de Cascais-Lisboa. Diferença entre o NMM1938 e o NMM em 2010. Limite máximo de PM de AV equinociais – LMPAVE. [Adaptado de Antunes, 2012]

A Figura 3.2, para o caso particular do estuário do Tejo, mostra a sobrelevação da maré atual em relação à referência do NMM1938, devido à subida do NMM de 18 cm em 2015 [Antunes, 2016], posicionando os valores de altura de maré (BM, NMM e PM) acima dos valores convencionais definidos pelos antigos modelos de maré. Nomeadamente, os valores de resguardo máximos de PM de águas-vivas equinociais, de 4.16 m em Cascais e 4.50 m em Lisboa (baseado em Antunes, 2007 para a década de 2001-10), sofrem também uma sobrelevação devido à subida do NMM.

3.1.2. AGITAÇÃO MARÍTIMA

A agitação marítima em Portugal tem características diferentes na costa ocidental e na costa sul, essencialmente ao nível da altura significativa (H). A costa ocidental está exposta à ondulação de NW gerada no Atlântico Norte, com componentes de geração longe da costa (ondas de *swell*), tendo em geral, alturas e períodos superiores aos que ocorreriam por simples ação do vento local, a altura das ondas é superior a 1 m durante 95% do ano e superior a 4 m em 5% do ano [Instituto Hidrográfico, 2006]. A costa sul tem condições de agitação marítimas mais suaves, onde a altura das ondas é inferior a 1 m em cerca de 62% do ano e o valor máximo anual da altura das ondas é em média de cerca de 4 m. As condições de agitação marítima características da costa ocidental são o Mar de Noroeste, o Mar de Sudoeste, o Temporal de Oeste, o Mar de Fora e o Mar Banzeiro e, as condições de agitação marítima da costa sul são o Mar de Sudoeste, o Mar de Levante, o Mar de Nortada e o Mar de Brisa [*ibid*].

3.1.3. SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA

O primeiro estudo sistemático do fenómeno da SM em Portugal continental foi realizado por Dias e Taborda [1992], que a caracterizaram em duas tempestades, relatando a ocorrência de valores de sobrelevação superiores a 1 m, em Viana do Castelo e Aveiro, mostrando que este valor seria suficiente para potenciar e produzir importantes ações erosivas, a destruição de construções ou obras costeiras e inundações na zona litoral. Os trabalhos de Gama *et al.* [1994a, 1994b, 1995, 1997] e Gama [1996] *in* Andrade *et al.* [2002] confirmaram a magnitude deste fenómeno para a parte norte da costa ocidental portuguesa. Vieira *et al.* [2012] apresentaram uma revisão da análise de Andrade *et al.* [2012] a partir de uma série de dados mais alargada, de 1960 a 2010, com valores ligeiramente superiores para os períodos de 25, 50 e 100, de 58, 62 e 67 cm, respetivamente. Antunes *et al.* [2012] apresentam este mesmo estudo alargado a Lisboa e Leixões, onde para estes portos hidrográficos a SM com período de retorno de 50 anos são da ordem de 1 m e a de 100 anos ultrapassa esse valor de referência, tal como Dias e Taborda [1992] tinham reportado pela análise de duas tempestades extremas.

3.2. Metodologia

O processo metodológico aplicado nesta dissertação encontra-se esquematizado na Figura 3.3. Numa primeira etapa fez-se a recolha e organização de toda a informação necessária à construção do modelo proposto. Essa informação, foi obtida maioritariamente, em fontes de domínio público e da informação oficial e não oficial disponibilizada pelos diversos organismos nacionais (APA, DGT e IH), como se pode ver na Tabela 3.2.

Numa segunda fase, houve a necessidade de tratar a diversa informação de modo a conseguir incorporá-la e harmonizá-la no modelo, de modo a satisfazer os objetivos propostos. O fluxo do processo metodológico exemplifica uma base de dados acessível, tendo a capacidade de armazenamento de dados espaciais (rede hidrográfica, linha de costa, tipo de costa, geologia, litologia e uso do solo), bem como de informação alfanumérica (pontos cotados provenientes das ortofotos, etc.). Estes dados foram tratados através de funções SIG e modo a obter mapas normalizados para o cálculo do índice de vulnerabilidade costeira.

O resultado final são seis mapas de vulnerabilidade física costeira para os anos de 2025, 2050 e 2100, para diferentes períodos de retorno de eventos extremos e, o recuo da linha de costa para 2100 em duas zonas de estudo (Praia de Mira e Seixal).

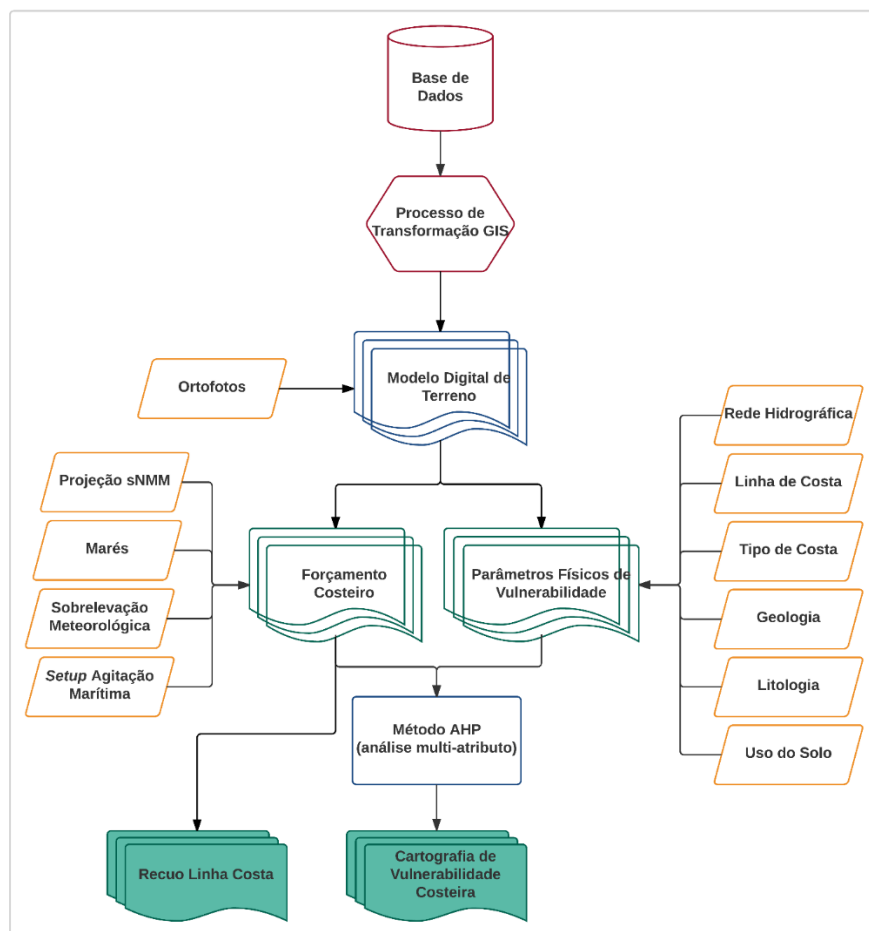


Figura 3.3. Fluxo de processo da metodologia para a obtenção da cartografia de vulnerabilidade costeira em Portugal Continental.

Cada processo de transformação para cada nível de informação, está descrito neste capítulo aquando dos seus respetivos subcapítulos.

3.3. Fontes de dados

Para a realização deste projeto são necessários diversos dados de modo a avaliar os objetivos propostos. A utilização dos **Vértices Geodésicos** nacionais teve como propósito a validação do **Modelo Digital de Terreno**, criado a partir de ortofotos disponibilizadas pela Direção Geral do Território. É através da **Carta Administrativa Oficial de Portugal** (CAOP 2015) que se obtém com rigor as áreas vulneráveis de cada freguesia, consoante cada nível de vulnerabilidade (1-Muito Baixo a 5-Extremo) para os anos de 2050 e 2100. Os dados das subseções estatísticas (**BGRI**) juntamente com o número de **Pessoas Residentes** em cada uma delas, foram utilizados aquando do cálculo das áreas de vulnerabilidade costeira para o ano de 2025, uma vez que é o horizonte temporal mais próximo e assim, tem-se uma aproximação mais realista de quantas pessoas estarão (porventura) em áreas consideradas vulneráveis. Os restantes dados, **Projeções de sNMM**, a **Rede Hidrográfica**, a **Linha de Costa de Portugal Continental**, a **Carta Litológica de Portugal** e a **Carta de Ocupação e Uso do Solo** (COS2007) serviram de base para o cálculo do modelo do Índice de Vulnerabilidade Costeira proposto nesta dissertação.

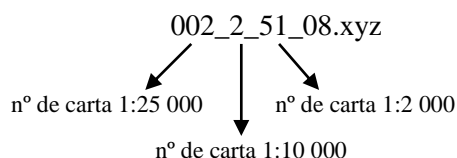
A Tabela 3.2 indica que dados foram utilizados, a sua fonte, a data de aquisição e algumas observações dos mesmos.

Tabela 3.2. Dados utilizados com a respetiva fonte, data de aquisição e observações

Dados	Fonte	Data Aquisição	Observações
Vértices geodésicos	DGT, 2015	25 fevereiro 2016	- Coordenadas da Rede Geodésica Nacional (1ª e 2ª Ordem)
Modelo digital de terreno (ortofotos)	DGT, 2008	29 fevereiro 2016	- Resolução espacial 2m
Carta administrativa oficial de Portugal (CAOP 2015)	DGT, 2015	25 fevereiro 2016	- Ficheiro em formato shapefile correspondente aos Troços dos limites administrativos do Continente
BGRI	INE, 2016	10 outubro 2016	- Ficheiro em formato shapefile das subseções estatísticas em Portugal Continental
Pessoas Residentes	INE, 2016	10 outubro 2016	- Número de residentes em cada BGRI
Rede Hidrográfica	CIGeoE, 2016	14 julho 2016	- Dados alfanuméricos
Linha de costa de Portugal Continental	IH, 2011	7 abril 2016	- Escala 1:25 000
Carta Litológica de Portugal Continental	APA, 2015	18 abril 2016	- Rede Hidrográfica em formato shapefile da Ria de Aveiro, Ria Formosa e Rio Tejo
Carta de uso e ocupação do solo para Portugal Continental (COS2007)	DGT, 2014	29 fevereiro 2016	- Escala 1:1 000 000
			- Usados os Níveis 1 e 2

3.4. Modelo Digital de Terreno

Como foi dito anteriormente (Cap. 2.2.3 – página 23), o Modelo Digital de Terreno utilizado nesta dissertação foi obtido a partir das ortofotos disponibilizadas pela DGT por Estereofotogrametria. Os levantamentos aerofotogramétricos para a aquisição do conjunto de dados geográficos de base numa área de aproximadamente 513400 ha da faixa litoral de Portugal foram realizados em 2008, com uma resolução de 10 cm, porém, a resolução disponibilizada foi de 2 m. No total, processaram-se 4139 ficheiros de pontos cotados (X,Y,Z), com o seguinte formato:



Uma vez que das principais limitações neste tipo de projetos é a capacidade de computação para um grande conjunto de dados, dividiu-se o conjunto pelas quatro zonas geográficas de Portugal Continental, Norte, Centro, Alentejo e Algarve e, procedeu-se à reamostragem dos pontos cotados para 20 m (Tabela 3.3), com cota superior a 0 m. Esta reamostragem e a junção dos ficheiros em cada área geográfica foram realizadas no programa Fotran95 (códigos no Anexo-A). Esta divisão também se tornou vantajosa para o cálculo do forçamento costeiro, uma vez que cada zona tem definidos os respetivos cenários resultantes de projeções de sNMM.

Tabela 3.3. Número de pontos cotados do MDT com 20 m de resolução para as quatro áreas geográficas.

Zonas	Número de pontos cotados
Norte	3 069 154
Centro	5 845 401
Alentejo	1 149 289
Algarve	1 744 278
Total	11 808 122

A figura seguinte, mostra o fluxo dos processos de transformação para a obtenção do MDT final.

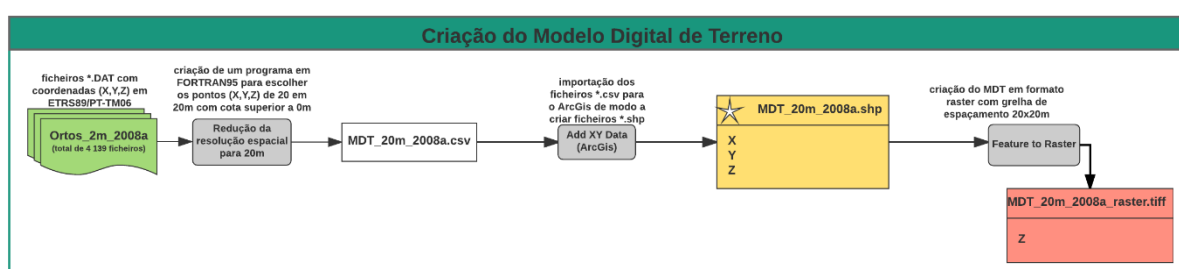


Figura 3.4. Fluxograma do processo de transformação para o Modelo Digital de Terreno.

Por fim, o Modelo Digital de Terreno obtido (Figura 3.5), apresenta valores de cota entre os 0 m e os 637.3 m e diz respeito à zona costeira de Portugal Continental com uma resolução final de 20 m.

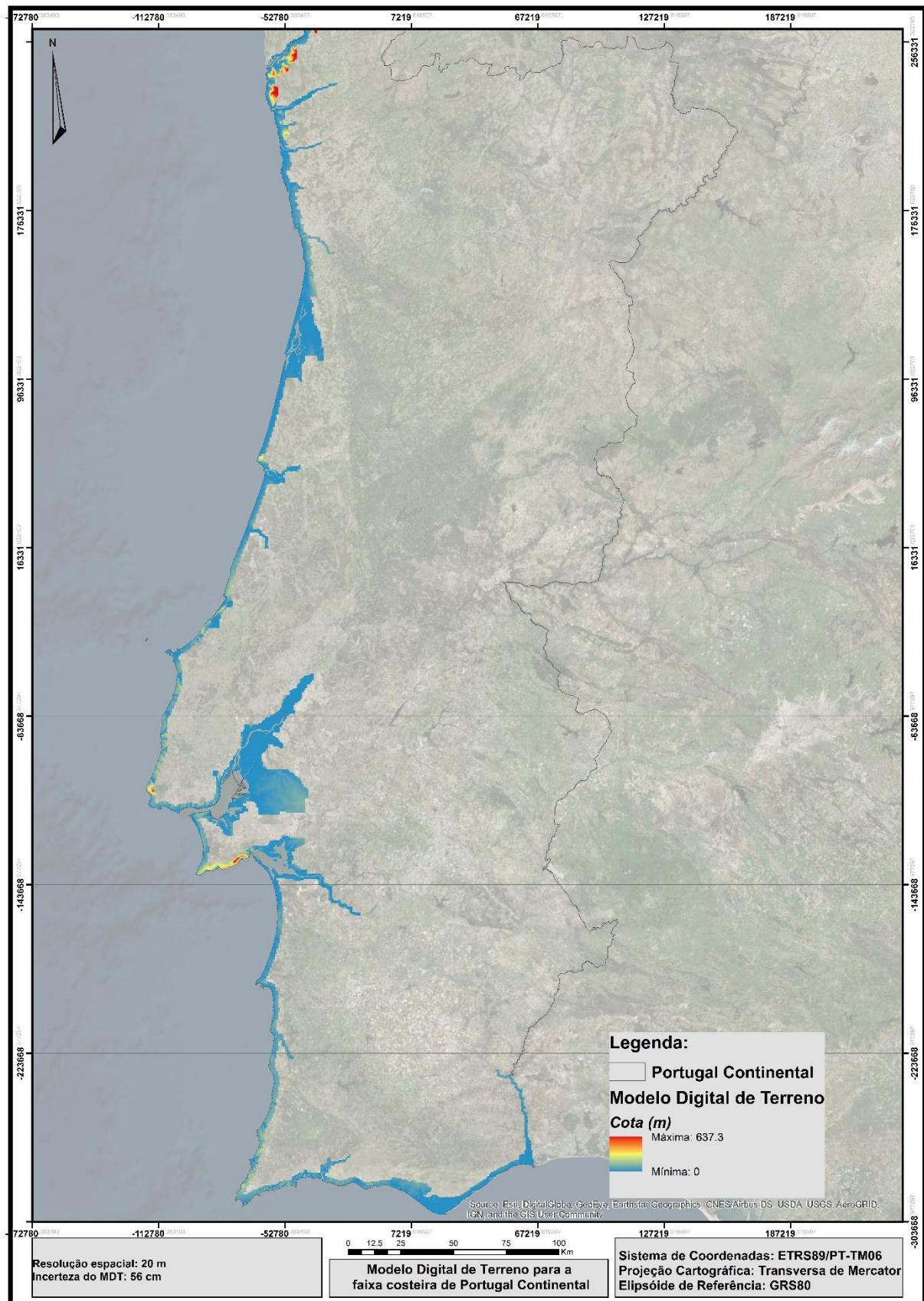


Figura 3.5. Modelo Digital de Terreno da faixa costeira de Portugal Continental, com resolução espacial de 20 m.

3.4.1. VALIDAÇÃO DO MODELO DIGITAL DE TERRENO

O controlo da qualidade posicional é indispensável na produção de cartografia devido aos prejuízos que podem derivar de um mapa com má qualidade. O Modelo Digital de Terreno (MDT), foi produzido por fotogrametria e, apesar de ser um método muito eficiente e preciso, não está “livre” de erros. Estes, são criados a partir de dados em bruto através de uma filtragem, por classificação de pontos em “solo” e em “não solo” e, de interpolação (para preenchimento de lacunas). Os erros podem ainda ocorrer durante o pós-processamento dos dados. Assim, o controlo de qualidade deve detetar erros e desvios, apesar de ser muito difícil vincular um erro (ou a sua proporção) a uma causa concreta a fim de os eliminar [Höhle and Höhle, 2009].

Para este efeito, a validação do MDT foi realizada através de pontos de controlo (vértices geodésicos nacionais, num total de 134), onde se conhece os seus valores altimétricos (altitude ortométrica da base - H_{VG}) e daí, ser possível compará-los com os valores da reamostragem das ortofotos. Na tabela presente no Anexo B, mostra para cada vértice geodésico o seu valor observado no MDT (h_{MDT}) e posteriormente o seu erro associado, calculado como em (3.1).

$$erro = h_{MDT} - H_{VG} \quad (3.1)$$

O erro médio global obtido foi de 56 cm, optou-se por não realizar a correção do MDT com os resíduos obtidos, uma vez que através da Figura 3.6 é possível ver que os maiores resíduos apresentam um padrão de distribuição aleatório, sendo este também um dos motivos que levou a não se realizar a correção do MDT.

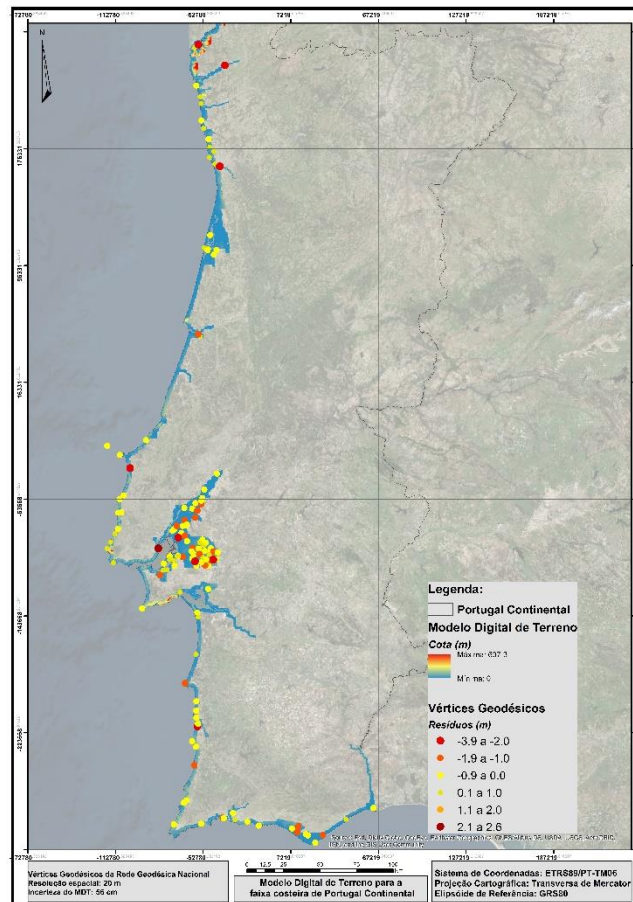


Figura 3.6. Modelo Digital de Terreno da faixa costeira de Portugal Continental e mapeamento dos resíduos da diferença dos valores de cota dos Vértices Geodésicos com o MDT original.

Para a correção do MDT seria necessário analisar os resíduos em cada ponto e fazer o respetivo mapeamento por um método (determinístico ou probabilístico). Posteriormente, seria necessário analisar qual o interpolador (tem-se como exemplo: IDW - *Inverse Distance Weighting*, Splines, Kriging, etc) que melhor se adequava e por fim fazer a diferença deste com o MDT original para obter o MDT corrigido (*vide* Sluiter [2009] para um melhor esclarecimento acerca dos métodos de interpolação).

Este seria um processo que ocuparia grande parte do tempo disponível para a realização desta dissertação, não cabendo assim, por agora, a realização da correção do MDT.

3.5. Forçamento Costeiro - Cenários de extremos do Nível do Mar

3.5.1. MARÉ

Os diferentes cenários de subida do NMM para 2025, 2050 e 2100 com diferentes períodos de retorno de eventos extremos foram calculados com base na informação dos marégrafos de Leixões, Cascais, Sines e Lagos. Assim, o território foi dividido em quatro zonas: Norte, Centro, Alentejo e Algarve.

Os dados do marégrafo de Cascais resultam de uma série de dados entre 1960 e 2015 e, os dados dos restantes marégrafos resultam de séries de dados mais curtas e incompletas com dados entre 1970 e 2010. Os registos de valores extremos de SM superiores a 10 cm foram caracterizados, em termos de frequência e amplitude, através de uma análise de extremos seguindo a metodologia apresentada em Vieira *et al.* [2012], com a qual se obtiveram curvas de períodos de retorno para cada porto maregráfico.

Tomando como referência a maré astronómica de 2010, calculou-se a curva de frequência relativa acumulada do nível de maré (percentil de níveis de submersão) para as quatro regiões (incluindo Sines para a região sul). A escolha do ano de 2010, como referência, deve-se ao fato de as respetivas marés equinociais corresponderem a valores extremos, que se verificam a cada 4 a 5 anos (ciclos quatri-nodais) devido às variações da órbita da Lua. Desta forma define-se assim como referência um cenário de extremo máximo de maré.

Aos valores de altura de maré das curvas de frequência foi retirado o respetivo valor de referência do ZH, para cada zona hidrográfica, de forma a reduzir as elevações do nível de maré ao *datum* vertical cartográfico²⁷ e, desta forma, compatibilizar os níveis de maré com o sistema de altitude ortométricas do Modelo Digital de Terreno (MDT) usado no sistema de análise de vulnerabilidade.

3.5.2. COTAS DE CENÁRIO DE INUNDAÇÃO PARA NÍVEIS EXTREMOS

Baseado em valores de projeção de subida do NMM de Antunes [2016], foram calculados os percentis de submersão de maré para os três períodos dos cenários em estudo, 2025, 2050 e 2100, adicionando-se os valores respetivos de projeção do NMM. Sobre estas curvas de referência das frequências de submersão do nível do mar projetado, foi adicionada a SM para dois períodos de retorno (Modelo a), acrescida ainda de valores de *setup* de agitação marítima (dinâmico e estático, Modelo b):

$$\text{Nível extremo}_{\text{Modelo a)}} = \text{Maré} + \text{SM} + \text{sNMM} \quad (3.2)$$

$$\text{Nível extremo}_{\text{Modelo b)}} = \text{Maré} + \text{SM} + \text{sNMM} + \text{setup} \quad (3.3)$$

²⁷ Datum Cascais de 1938

O *setup* de agitação marítima utilizado no Modelo *b* corresponde a Antunes [2014]:

$$Setup = \bar{\eta} + \hat{\eta} \quad (3.4)$$

Onde, $\bar{\eta}$ é o *setup* estático das ondas e o $\hat{\eta}$ é o *setup* dinâmico. O *setup* estático corresponde à média do *wave setup* enquanto que o dinâmico corresponde ao conjunto de ondas que transportam mais energia, fazendo com que o empilhamento seja maior. Normalmente, utiliza-se a fórmula do *Runup* total que acresce o *Runup de incidência* à fórmula do *setup* utilizada.

$$Runup_{total} = \bar{\eta} + \hat{\eta} + Runup_{inc} \quad (3.5)$$

Este *Runup de incidência* corresponde à rebentação ou espraio das ondas em cada praia, dependendo assim do perfil de costa. Para o utilizar era necessário traçar perfis ao longo da costa portuguesa, não sendo viável neste projeto devido ao tempo e execução do mesmo. Mas como, o perfil da plataforma junto à costa é muito semelhante, com a exceção da Nazaré e Setúbal, usou-se a fórmula (3.3) do *setup*. Este cálculo do *setup*, depois de se ajustarem os respetivos parâmetros a cada zona e a cada regime de agitação, é adequado para o estudo em questão uma vez que se obtém assim uma generalização do modelo com abrangência global de vulnerabilidade e não um modelo para cada local.

Cada zona geográfica, em teoria, teria os seus valores de referência, ou seja, tem a altura de onda significativa e respetivo período que resultam no *setup* final. Dado que não foi possível obter uma caracterização de cada regime de agitação marítima junto à costa para os respetivos períodos de retorno, aptou-se um regime único para toda a área de estudo. A Tabela 3.4 mostra para a zona centro os valores de referência para 25 e 50 anos de período de retorno, tendo esses valores sido assumidos para toda a área de estudo.

Tabela 3.4. Valores de referência para o *setup* de agitação marítima para a zona Centro e assumido para toda a área de estudo.

ZONA	Período de Retorno	Altura de onda (H_s) e Período (T_{H_s})	Setup
Centro	25 anos	6 m e 14s	3.5 m
	50 anos	7 m e 16s	4.1 m

Foram assim projetadas as curvas de percentil de submersão anual para cada marégrafo, onde são extraídas as cotas para cada cenário de inundação para níveis extremos correspondentes a 0.25% (máxima preia-mar equinocial). O exemplo abaixo demonstrado (Figura 3.7) corresponde às curvas de submersão de 0.25% para 2050 dos dados resultantes do marégrafo de Cascais. Em anexo (Anexo C – página 90), encontram-se as restantes curvas (0.25% de submersão) para os restantes marégrafos²⁸ em 2025, 2050 e 2100.

²⁸ Cascais, Leixões, Sines e Lagos

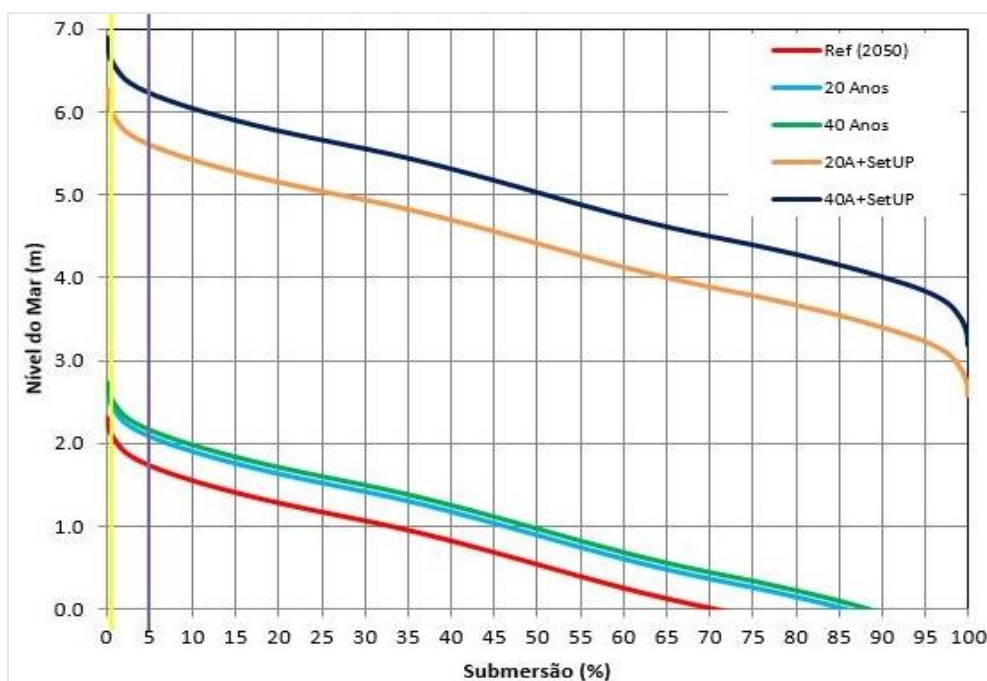


Figura 3.7. Curvas de percentil submersão para o NMM em Cascais para 2050: a) Modelo de maré mais SM (20 e 40 anos); e, b) modelo de maré meteorológica mais *setup* de agitação marítima (20A+Setup e 40A+Setup). A linha amarela intersecta as 5 curvas de percentil para o valor 0.25% de submersão. A linha roxa intersecta as 5 curvas de percentil para o valor de 5% de submersão.

Na Tabela 3.5 são apresentados os valores de cota máxima correspondente a 0.25% de submersão para cada uma das zonas de Portugal Continental para os três cenários futuros.

Tabela 3.5 - Tabela de 0.25% de submersão para as quatro zonas costeiras com diferentes períodos de retorno, para dois modelos de maré: a) modelo de maré mais SM; b) maré meteorológica mais *setup* de agitação marítima e para cada cenário 2025, 2050 e 2100.

Zona	Modelo de Maré	Ref	2025		Ref	2050		Ref	2100	
			Período de Retorno 10 anos	20 anos		Período de Retorno 20 anos	40 anos		Período de Retorno 25 anos	50 anos
Norte	a	2.09	2.4	2.5	2.30	2.7	2.7	3.01	3.4	3.5
	b		5.9	6.5		6.2	6.8		7.0	7.6
Centro	a	2.00	2.3	2.4	2.21	2.6	2.7	2.92	3.3	3.4
	b		5.8	6.4		6.1	6.7		6.8	7.4
Alentejo	a	1.98	2.2	2.3	2.19	2.5	2.6	2.90	3.3	3.3
	b		5.1	5.9		5.4	6.1		6.2	6.8
Algarve	a	1.95	2.2	2.3	2.16	2.5	2.6	2.87	3.2	3.3
	b		5.1	5.8		5.4	6.1		6.1	6.8

3.5.2.1. Cenários da Diretiva 2007/60/CE

Como foi referido anteriormente (capítulo 2.1.4 - página 17), foram ainda calculados os cenários de inundação com períodos de retorno de 50 anos e 100 anos das quatro zonas costeiras para os três horizontes temporais segundo as recomendações da diretiva 2007/60/CE. Destes cenários, serão apresentados resultados para 2025, 2050 e 2100 com o modelo de maré mais SM e, de 2100 para o modelo de maré meteorológica mais *setup* de agitação marítima.

A Tabela 3.6 apresenta os valores de cota máxima para 0.25% de submersão para cada uma das zonas de Portugal Continental.

Tabela 3.6. Tabela de 0.25% de submersão para as quatro zonas costeiras com 50 e 100 anos de período de retorno com a Diretiva 2007/60/CE para dois modelos de maré: a) modelo de maré mais SM; b) maré meteorológica mais *setup* de agitação marítima.

Zona	Modelo de Maré	2025			2050			2100	
		Ref	Período de Retorno		Ref	Período de Retorno		Ref	Período de Retorno
			50 anos	100 anos		50 anos	100 anos		100 anos
Norte	a	2.09	2.5	2.6	2.30	2.8	2.8	3.01	3.5
	b		6.1	6.7		6.3	6.9		7.7
Centro	a	2.00	2.5	2.5	2.21	2.7	2.8	2.92	3.5
	b		6.0	6.6		6.2	6.8		7.5
Alentejo	a	1.98	2.4	2.5	2.19	2.6	2.7	2.90	3.4
	b		5.3	6.0		5.5	6.2		6.9
Algarve	a	1.95	2.4	2.5	2.16	2.6	2.7	2.87	3.4
	b		5.3	6.0		5.5	6.2		6.9

3.5.3. INCERTEZA DOS CENÁRIOS DE INUNDAÇÃO

De modo a incorporar os cenários de subida do NMM e sua incerteza no índice de vulnerabilidade foi calculado, com recurso a um MDT de 20 m de resolução espacial, o desnível de inundação em cada ponto, isto é, a altura de coluna de água da zona inundada (3.6):

$$h_{coluna\ de\ água} = cota_{cenário\ de\ inundação} - cota_{MDT} \quad (3.6)$$

Para calcular um índice, de 1 a 5, relativo à perigosidade da inundação, considera-se a incerteza dos modelos de frequência de submersão (Tabela 3.7), resultante da estimativa do desvio padrão dos níveis máximos de maré, da subida do NMM e da SM em que cada valor de incerteza de cada cenário vai depender do ano de projeção.

$$\sigma_{cenário} = \sqrt{\sigma_{maré}^2 + \sigma_{NMM}^2 + \sigma_{SM}^2} \quad (3.7)$$

Tabela 3.7 - Desvio padrão (em cm) de cada cenário de projeção, tendo em conta as quatro componentes que compõem o cenário de inundação: a) maré; b) subida do nível médio do mar; c) sobre-elevação meteorológica.

Ano de projeção	$\sigma_{maré}$	σ_{NMM}	σ_{SM}	$\sigma_{cenário}$
2025	5	3	5	8
2050	5	7	9	12
2100	5	36	15	40

Por fim, com base nas incertezas estimadas por (3.7) são calculadas curvas padrão de distribuição Normal (Figura 3.8), a partir da qual se podem determinar índices de vulnerabilidade, de 1 (menor probabilidade) a 5 (máxima probabilidade), do forçamento costeiro (Tabela 3.8).

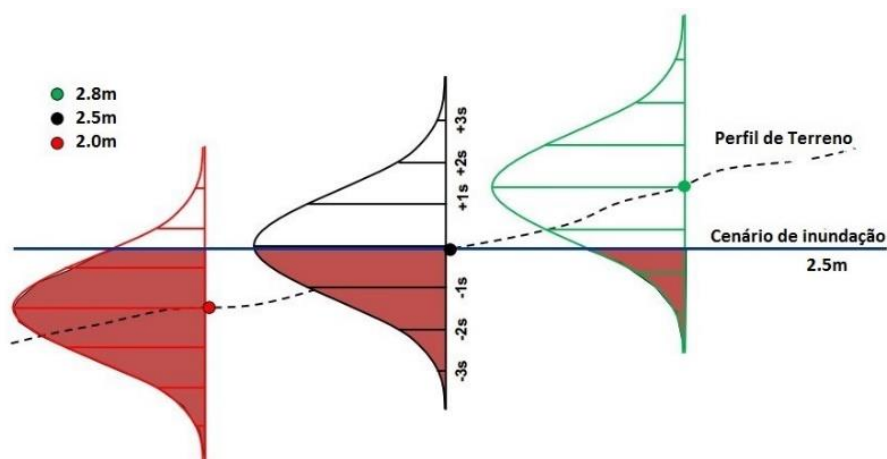


Figura 3.8 - Método de cálculo da probabilidade de inundação de um dado local (2.0 m, 2.5 m e 2.8 m de cota), com base na cota máxima de maré sobre-elevada ($h= 2.5\text{m}$) e da sua incerteza [Adaptado de Marcy *et al.*, 2011].

Tabela 3.8. Classificação do parâmetro "Forçamento Costeiro" no Índice de Vulnerabilidade Costeira tendo por base a probabilidade de ocorrência em cada cenário. Sendo nulo para o valor de 0% de probabilidade.

PARÂMETROS	MUITO BAIXO	BAIXO	MODERADO	ALTO	EXTREMO
	1	2	3	4	5
Forçamento Costeiro	$>0 \text{ e } \leq 20\%$	20% - 40%	40% - 60%	60% - 80%	$\geq 80\%$

As figuras seguintes permitem visualizar para Portugal Continental, a probabilidade de ocorrência dos cenários de forçamento costeiro no ano de 2025, para 10 anos (Figura 3.9) e 100 anos (Figura 3.10) de período de retorno para o modelo de nível extremo de maré mais sobrelevação meteorológica. Em anexo estão os mapas para os restantes cenários de níveis extremos.

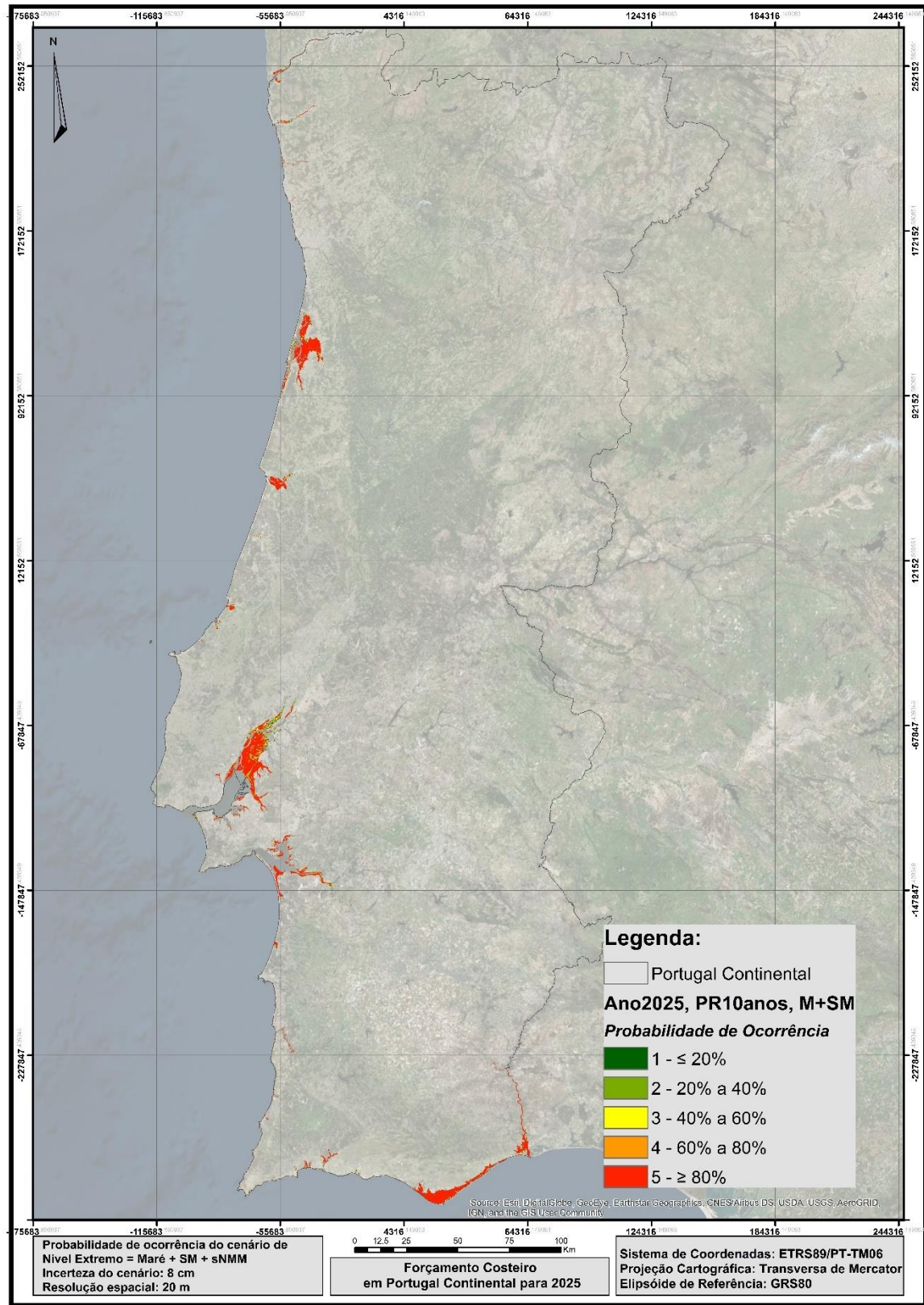


Figura 3.9. Probabilidade de ocorrência do cenário para 2025 de nível extremo de maré mais sobrelevação meteorológica para um período de retorno de 10 anos.

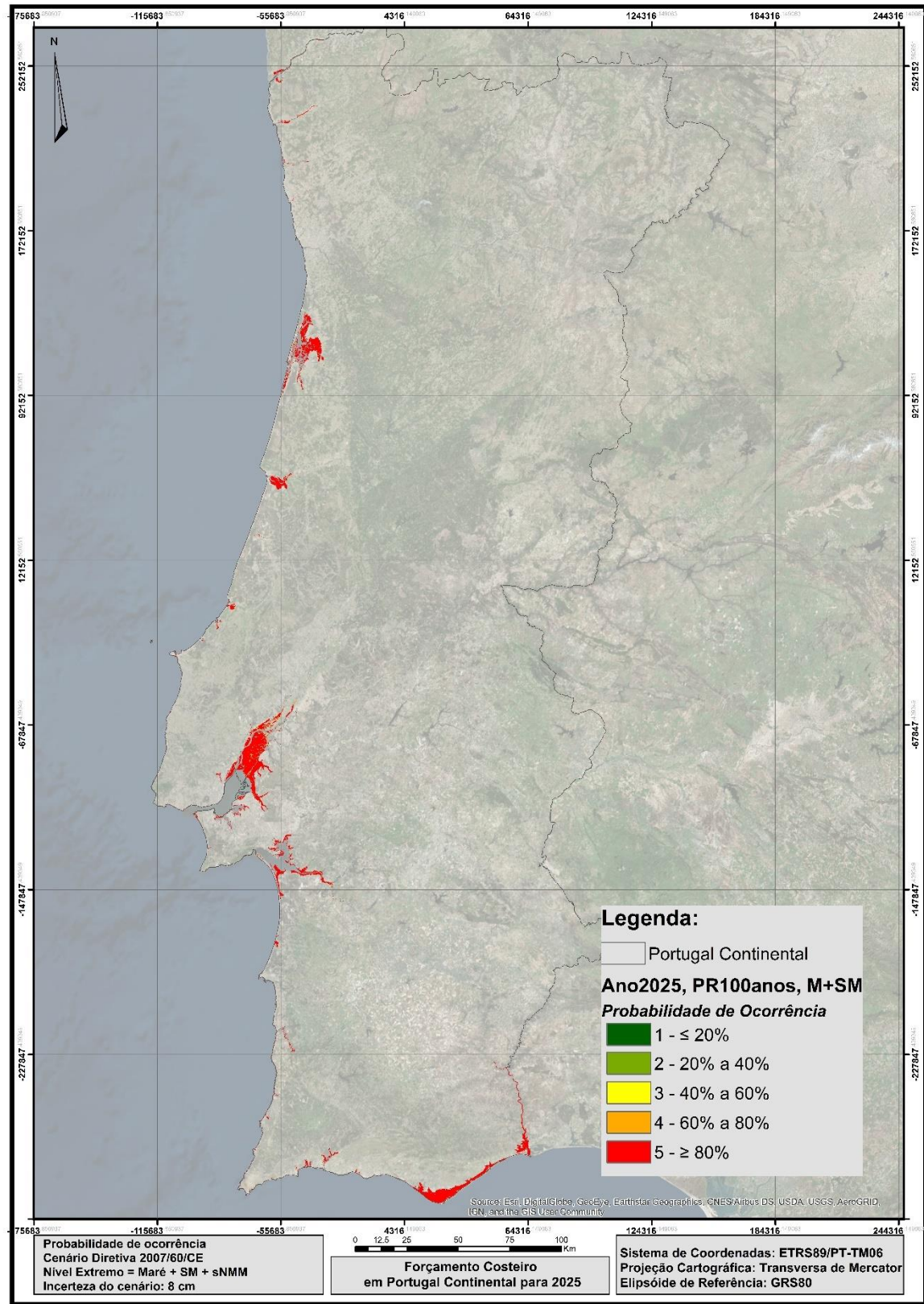


Figura 3.10. Probabilidade de ocorrência do cenário para 2025 de nível extremo de maré mais sobrelevação meteorológica para um período de retorno de 100 anos – Cenário da Diretiva 2007/60/CE.

3.6. Parâmetros de Vulnerabilidade Física

A escolha dos parâmetros de vulnerabilidade pode ser complexa e depende muito da análise que se pretenda realizar. De frisar que quantidade não significa qualidade, ou seja, o uso de muitos critérios pode não ser o ideal, visto que alguns podem estar fortemente correlacionados, sendo, pois, possível obter uma boa análise com um número reduzido de critérios desde que estes estejam bem definidos e sejam eficientes. Para este trabalho foram então selecionados seis parâmetros de vulnerabilidade física, para serem avaliados e classificados individualmente, são eles: a rede hidrográfica, a distância à linha de costa, o tipo de costa, a geomorfologia, a geologia e o uso do solo.

Cada um dos parâmetros será classificado numa escala de 1 a 5, de modo a expressar o seu contributo para a vulnerabilidade costeira, sendo 5 o nível mais alto e 1 o mais baixo.

3.6.1. REDE HIDROGRÁFICA

O declive do terreno conjugado com a distância à rede hidrográfica permite identificar zonas que estejam relativamente protegidas das possíveis inundações, ou seja, um rio que esteja num vale com um declive considerável tem uma baixa vulnerabilidade, ao contrário de um rio que se encontre numa planície em que o declive é relativamente pequeno. Neste último, caso exista probabilidade de inundação, também existe uma grande probabilidade de a mesma se expandir ao longo da planície.

Por fim, o declive do terreno permite avaliar não só o risco relativo de inundação e galgamento costeiro, como também a capacidade de resposta à retirada destes fenómenos. Assim, em regiões cujo declive seja mais baixo devem ter a capacidade de resposta mais proativa que nas regiões mais íngremes [Doukakis, 2005].

A obtenção de uma rede hidrográfica com o rigor exigido neste tipo de projetos é uma tarefa extremamente difícil, uma vez que o que está disponível, grátis e acessível, apresenta uma qualidade posicional reduzida devido à sua escala (Figura 3.11).



Figura 3.11. Problemas encontrados na disponibilização online no Atlas do Ambiente da Rede Hidrográfica: a) A rede hidrográfica disponível no Atlas do Ambiente está representada pelos supostos eixos dos corpos de água. b) A linha azul é o Rio Alcoa pelo Atlas do Ambiente e o polígono a azul é a digitalização manual deste mesmo rio.

Assim, de maneira a ultrapassar este obstáculo optou-se por fazer a digitalização manual (à escala mínima de 1:800) dos principais rios e corpos de água em Portugal Continental (um total de 34 rios) à exceção da Rias de Aveiro, da Ria Formosa e do Rio Tejo em que a respetiva cartografia à escala 1:25 000 foi gentilmente fornecida pelo CIGeoE (Centro de Informação GeoEspacial do Exército). Finalmente, depois de se obter a rede hidrográfica com as características desejáveis a este tipo de

projetos e, de acordo com a literatura consultada (Capítulo 2.1.2. Vulnerabilidade Costeira) é necessário impor distâncias à rede hidrográfica e os graus (declive) para cada nível de vulnerabilidade, sendo 1 o Mais Baixo e 5 o Extremo (Tabela 3.9).

Tabela 3.9. Classificação do parâmetro "Rede Hidrográfica" no Índice de Vulnerabilidade Costeira.

PARÂMETRO		MUITO BAIXO	BAIXO	MODERADO	ALTO	EXTREMO
		1	2	3	4	5
Rede hidrográfica	Distância à rede	200 m – 300 m	150 m – 200 m	100 m – 150 m	50 m – 100 m	≤ 50 m
	Declive do Terreno	≥ 3°	2.0° – 3.0°	1.5° – 2.0°	0.5° – 1.0°	≤ 0.5°

A Figura 3.12, ilustra todo o processo de transformação em SIG de modo a obter o parâmetro Rede Hidrográfica que depois entrará no modelo analítico do cálculo do Índice de Vulnerabilidade Costeira.

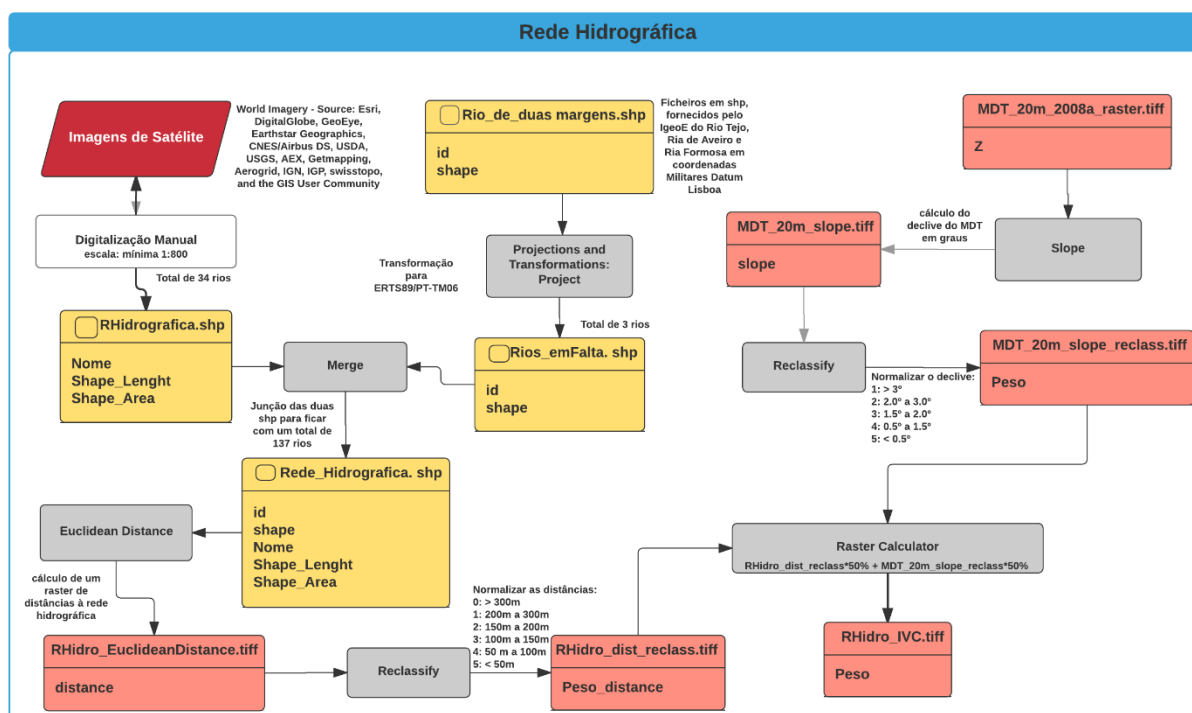


Figura 3.12. Fluxograma do processo de transformação para o parâmetro "Rede Hidrográfica".

3.6.2. TIPO DE COSTA

O tipo de costa (TC) em Portugal Continental é variável de acordo com a natureza dos materiais rochosos que a constituem e, embora o litoral Português seja dominado essencialmente por praias, existem áreas de costa predominantemente rochosa. Assim, pode-se definir dois tipos de costa, a costa de arriba e a costa baixa e arenosa, sendo estes os dois fatores considerados para o índice de vulnerabilidade.

A sua “parametrização” foi definida através de uma análise por freguesia, onde por cada uma é definida o seu tipo de costa predominante. Através da Carta Administrativa de Portugal (CAOP2015), foi possível seleccionar somente as freguesias que estavam junto à linha de costa e foi sobre essas que se fez a distinção entre os dois tipos de linha de costa definidos.

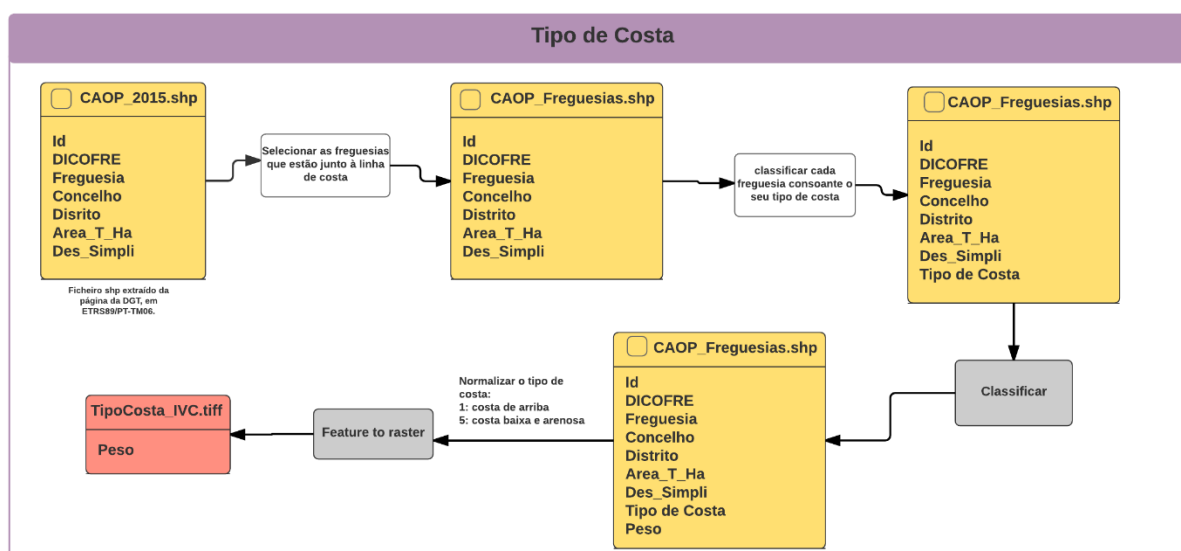


Figura 3.13. Fluxograma do processo de transformação para o parâmetro "Tipo de Costa".

A costa de arriba é caracterizada por ser alta e escarpada e o seu relevo é alto e constituído por formações rochosas mais resistentes à erosão e ao avanço do mar, portanto no IV utilizado o seu peso é de 1. Já a costa baixa e arenosa permite que o mar avance mais rapidamente que a anterior, assim, o seu peso será máximo, o 5. Na Tabela 3.10 é possível ver a classificação deste parâmetro que entrará no IVC.

Tabela 3.10. Classificação do parâmetro "Tipo de Costa" no Índice de Vulnerabilidade Costeira.

PARÂMETROS	MUITO BAIXO	BAIXO	MODERADO	ALTO	EXTREMO
	1	2	3	4	5
Tipo de costa	Costa de arriba				Costa baixa e arenosa

3.6.3. DISTÂNCIA À LINHA DE COSTA

A distância à linha de costa (DLC) é um fator importante nesta análise, uma vez que a vulnerabilidade aumenta com a proximidade à zona de interação com o mar. Em condições normais, um local junto à linha de costa está mais sujeito às forças energéticas do mar, assim, à medida que esta distância aumenta, diminui a vulnerabilidade de erosão e galgamento costeiro.

Utilizou-se a linha de costa de referência (não oficial) do Instituto Hidrográfico (IH) que contém a linha de costa de Portugal, Espanha e parte de África. Deste ficheiro (em formato *shapefile*), extraiu-se somente a LC de Portugal Continental, que segundo o IH foi obtida maioritariamente a partir da informação da Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP 2012.0). Foi ainda melhorada com informação produzida pelo IH nas zonas portuárias, embocaduras de rios e rias. Os metadados fornecem ainda o rigor associado da linha de costa de Portugal, apresentando esta, o rigor mínimo à escala 1:25 000. A Figura 3.14, mostra o processo de transformação deste parâmetro.

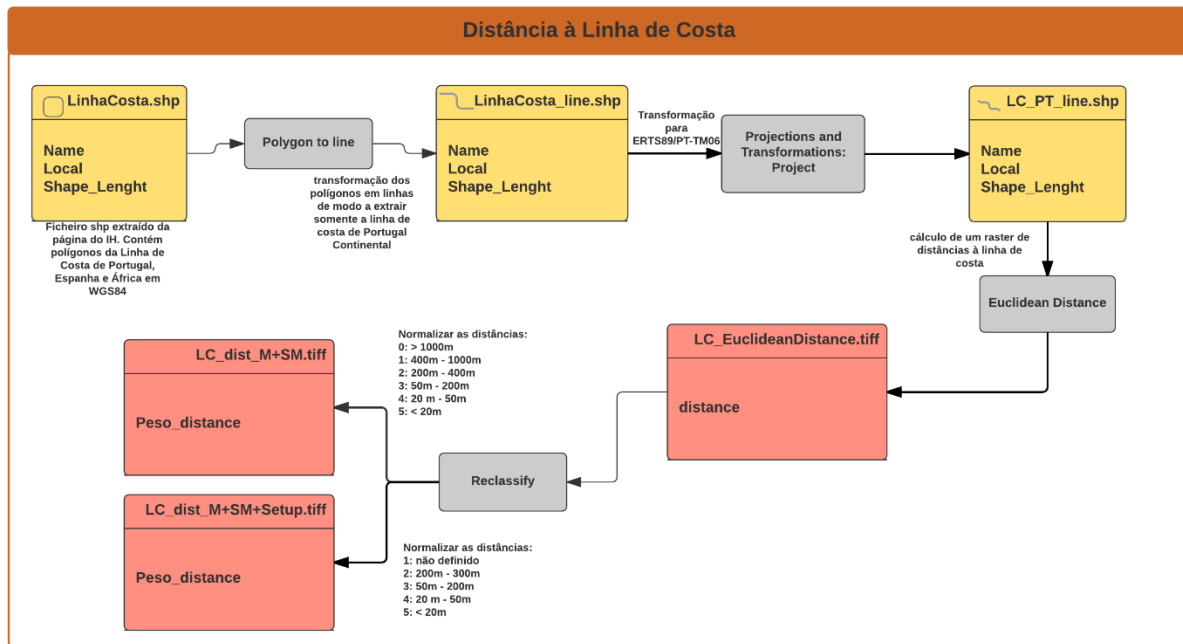


Figura 3.14. Fluxograma do processo de transformação para o parâmetro "Distância à Linha de Costa".

Uma vez que são considerados dois modelos de máximo de maré: o modelo de maré mais SM e o modelo de maré meteorológica mais *setup* de agitação marítima, o fator de distância à linha de costa não é utilizado de igual forma quando se considera o efeito de galgamento resultante da agitação marítima extrema.

No segundo modelo uma vez que o *setup* de agitação marítima, ou empolamento na zona de rebentação das ondas, não alcança os estuários e rias, as zonas que se consideram mais vulneráveis ao *setup* são as que distam até 300 m da costa. Quando se considera o primeiro modelo considera-se mais vulneráveis zonas até aos 1000 m da costa, de forma a incluir rias e estuários.

Tabela 3.11. Classificação do parâmetro "Distância à linha de costa" no Índice de Vulnerabilidade Costeira.

PARÂMETRO		MUITO BAIXO	BAIXO	MODERADO	ALTO	EXTREMO
		1	2	3	4	5
Distância à linha de costa	M+SM	≥ 1000 m	200 m – 1000 m	50 m – 200 m	20 m – 50 m	≤ 20 m
	M+SETUP	Não definido	200 m – 300 m	50 m – 200 m	20 m – 50 m	≤ 20 m

3.6.4. GEOLOGIA E LITOLOGIA

A cartografia da Geologia (G) e da Litologia (L) permite avaliar a natureza das rochas e dos sedimentos que constituem a região costeira, e fazer uma classificação baseada no comportamento desses materiais quando sujeitos a ação de forçamento do mar. Por exemplo, as rochas magmáticas ou eruptivas são rochas de elevada dureza e por isso de reduzida vulnerabilidade, ao contrario dos sedimentos não consolidados de pequenas dimensões [Coelho *et al.*, 2006].

A figura seguinte, ilustra todos os processos de transformação destes dois parâmetros físicos. Sendo que a explicação do mesmo se encontra de seguida.

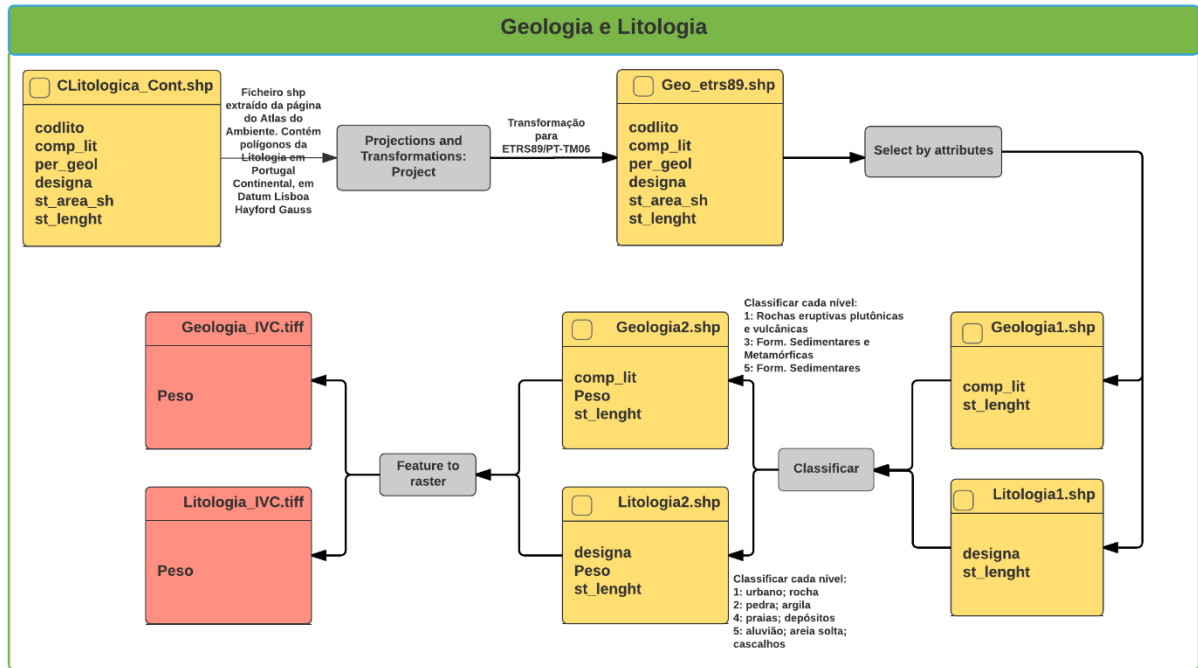


Figura 3.15. Fluxograma do processo de transformação para o parâmetro "Geologia" e "Litologia".

A carta litológica de Portugal fornece elementos sobre a litologia superficial do nosso país em que a rocha-mãe, como fator de formação, assume uma enorme importância na caracterização e uso do solo [APA, 2016]. A informação para estes dois parâmetros está disponível no site do Atlas do Ambiente num único ficheiro em formato *shapefile*, que contém os 34 complexos litológicos de Portugal. Esta carta baseia-se na carta Geológica de Portugal, publicada em 1972 na escala 1:500 000, incluindo formações litológicas sedimentares, sedimentares e metamórficas e eruptivas [Soares da Silva, 1983]. Existem 26 complexos pertencentes às rochas sedimentares e metamórficas e, 8 pertencentes às rochas eruptivas. O ficheiro *shapefile* contém dois atributos distintos: **comp_lit** e **designa**. O primeiro diz respeito à informação do tipo de formação da rocha mãe e o segundo, é referente aos complexos litológicos. Foi assim possível, selecionar a coluna correspondente a cada um destes atributos e por fim classifica-los numa escala de 1 a 5, de modo a entrar no cálculo do IVC (Tabela 3.12).

Tabela 3.12. Classificação dos parâmetros "Geologia" e "Litologia" no Índice de Vulnerabilidade Costeira.

PARÂMETROS	MUITO BAIXO	BAIXO	MODERADO	ALTO	EXTREMO
	1	2	3	4	5
Geologia	Rochas Eruptivas Plutônicas e Vulcânicas		Formação Sedimentares e Metamórficas		Formação Sedimentares
Litologia	urbano; rocha	pedra; argila		praia; depósitos	aluvião; areia solta; cascalhos;

3.6.5. USO DO SOLO

O fator da cartografia do Uso do Solo reflete os diferentes comportamentos morfológicos, tratando-se de uma orla costeira revestida de vegetação, pavimentada ou sem qualquer tipo de revestimento. Considera-se assim, que quanto maior for o nível de alteração do estado natural de revestimento de um solo, maior será a sua vulnerabilidade.

A informação relativa ao Uso do Solo foi extraída da Carta de Ocupação e Uso do Solo (COS2007), que foi produzida com base na interpretação visual de imagens aéreas ortorretificadas [IGP, 2010]. A nomenclatura da COS obedece a uma hierarquia que representa a ocupação/uso do solo em diferentes níveis e classes de detalhe temático (Figura 3.16).

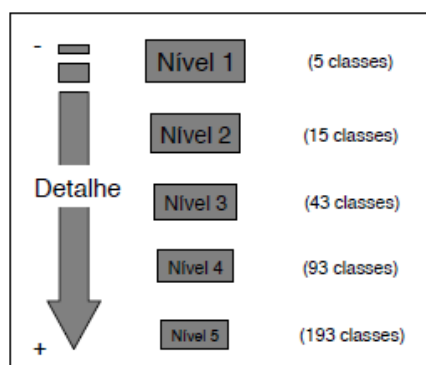


Figura 3.16. Níveis e classes de detalhe da nomenclatura hierárquica da COS2007. [Extraído de IGP, 2010]

Dos cinco níveis disponíveis, foram utilizados somente os dois primeiros, correspondendo assim, aos níveis com menor detalhe (Tabela 3.13).

Tabela 3.13. Descrição dos níveis e classes utilizados da Carta de Ocupação e Uso do Solo.

Nível 1	Nível 2
1 Territórios artificializados	1.1 Tecido urbano
	1.2 Indústria, comércio e transportes
	1.3 Áreas de extração de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção
	1.4 Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas
2 Áreas agrícolas e agroflorestais	2.1 Culturas temporárias
	2.2 Culturas permanentes
	2.3 Pastagens permanentes
	2.4 Áreas agrícolas heterogêneas
3 Florestas e meios naturais e seminaturais	3.1 Florestas
	3.2 Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea
	3.3 Zonas descobertas e com pouca vegetação
4 Zonas húmidas	4.1 Zonas húmidas interiores
	4.2 Zonas húmidas litorais
5 Corpos de água	5.1 Águas interiores
	5.2 Águas marinhas e costeiras

Finalmente, tendo por base a tabela anterior foi possível fazer a classificação do parâmetro Uso do Solo para o cálculo do IVC (Figura 3.17 e Tabela 3.14).

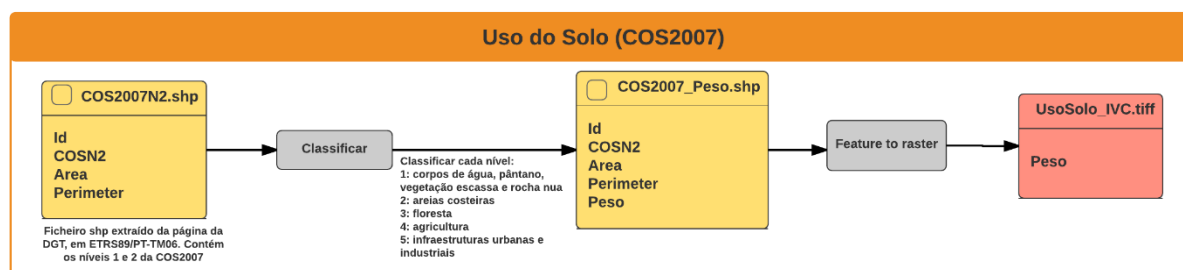


Figura 3.17. Fluxograma do processo de transformação para o parâmetro "Uso do Solo".

Tabela 3.14. Classificação do parâmetro "Uso do Solo" no Índice de Vulnerabilidade Costeira.

PARÂMETRO	MUITO BAIXO	BAIXO	MODERADO	ALTO	EXTREMO
	1	2	3	4	5
Uso do solo	corpos de água; pântano; escassa vegetação; rocha nua	areias costeiras	floresta	agricultura	infraestruturas urbanas e industriais

3.7. Processo de atribuição de pesos aos parâmetros físicos de vulnerabilidade – Método AHP

A ponderação dos parâmetros físicos de vulnerabilidade consiste na atribuição de pesos a cada um dos parâmetros, sendo que o peso indica a sua importância em relação a outro parâmetro de avaliação considerado. Assim, quanto maior o peso de um dado parâmetro, maior será a sua importância para o índice de vulnerabilidade.

Para a atribuição dos pesos utilizou-se o método AHP (capítulo 2.2.4 – página 26) criou-se uma tabela com os parâmetros físicos do índice de vulnerabilidade e fez-se a comparação par-a-par de cada parâmetro (Tabela 3.15) de acordo com a escala de preferências proposta por Saaty [1987].

Tabela 3.15. Matriz de comparação par a par dos parâmetros físicos no índice de vulnerabilidade costeira.

PARÂMETROS	Forçamento Costeiro	Rede hidrográfica	Tipo de Costa	Distância à linha de costa	Geologia	Litologia	Uso do solo
Forçamento Costeiro	1.00	2.00	3.00	3.00	5.00	7.00	8.00
Rede hidrográfica	0.50	1.00	2.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Tipo de linha de costa	0.33	0.50	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00
Distância à linha de costa	0.33	0.50	1.00	1.00	3.00	5.00	7.00
Geologia	0.20	0.33	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
Litologia	0.14	0.20	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
Uso do solo	0.13	0.14	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
Somatório	2.63	4.68	7.68	7.68	15.53	26.33	38.00

Depois, normalizou-se a matriz de comparação par-a-par (Tabela 3.16). Esta normalização é feita pela divisão de cada valor do parâmetro pelo total da sua coluna.

Tabela 3.16. Matriz normalizada dos parâmetros de vulnerabilidade física.

PARÂMETROS	Forçamento Costeiro	Rede Hidrográfica	Tipo de Costa	Distância à linha de costa	Geologia	Litologia	Uso do Solo	Somatório
Forçamento Costeiro	0.38	0.43	0.39	0.39	0.32	0.27	0.21	2.39
Rede Hidrográfica	0.19	0.21	0.26	0.26	0.19	0.19	0.18	1.49
Tipo de Costa	0.13	0.11	0.13	0.13	0.19	0.19	0.18	1.06
Distância à linha de costa	0.13	0.11	0.13	0.13	0.19	0.19	0.18	1.06
Geologia	0.08	0.07	0.04	0.04	0.06	0.11	0.13	0.54
Litologia	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.08	0.29
Uso do Solo	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.17

Calculou-se os valores próprios (*Eigenvalues*) que correspondem aos pesos relativos entre os parâmetros através da média aritmética dos valores de cada um dos parâmetros, ou seja, a média dos elementos em cada linha da matriz normalizada e, estimou-se a consistência das relações entre parâmetros, de modo a averiguar a sua consistência. Para tal, determinou-se o vetor próprio (*Eigenvectors*), que foi calculado através da multiplicação do peso de cada critério pelos valores correspondentes na matriz de comparação, seguido do somatório destes valores em cada linha. Foi ainda calculado o peso de cada parâmetro (Tabela 3.17) através da divisão da soma das componentes do vetor próprio correspondente e o número total de parâmetros (n);

Tabela 3.17. Matriz de cálculo da consistência das relações entre os parâmetros de vulnerabilidade física – cálculo do peso final de cada parâmetro.

PARÂMETROS	Peso	
Forçamento Costeiro	$\frac{2.39}{7}$	34%
Rede Hidrográfica	$\frac{1.49}{7}$	21%
Tipo de Costa	$\frac{1.06}{7}$	15%
Distância à linha de costa	$\frac{1.06}{7}$	15%
Geologia	$\frac{0.54}{7}$	8%
Litologia	$\frac{0.29}{7}$	4%
Uso do Solo	$\frac{0.17}{7}$	2%

De seguida calculou-se λ_{\max} , ou seja, o valor próprio máximo, através do somatório da multiplicação de cada *vetor* pelo seu *valor próprio* e o Índice de Consistência (IC) – equação (2.10). Por fim, calculou-se a Razão de Consistência (RC) de modo a verificar a coerência do julgamento na comparação par-a-par dos parâmetros – equação (2.11).

Tabela 3.18 - Índices de controlo do método AHP para o cálculo da contribuição de cada parâmetro da vulnerabilidade física costeira

λ_{\max}	n	CI	CR (<10%)
7.42	7.00	0.07	5.2%

Como é possível verificar na Tabela 3.18, a razão de consistência (CR) obtida é inferior a 10% (condição necessária para a aceitação do método), assim, pode considerar-se a matriz de comparação par-a-par consistente e, aceitar os pesos obtidos para cada parâmetro de vulnerabilidade.

Finalmente, o modelo de cálculo do Índice de Vulnerabilidade Costeira proposto nesta dissertação e, que será aplicado a cada ano de referência consoante os modelos de inundação, dado por cada cenário, apresenta-se na fórmula (3.8):

$$IVC_{\text{cenário}} = \frac{FC \times 34\% + RH \times 21\% + TC \times 15\% + DLC \times 15\% + G \times 8\% + L \times 4\% + US \times 2\%}{100\%} \quad (3.8)$$

Onde,

FC – Forçamento Costeiro;

RH – Rede Hidrográfica;

TC – Tipo de Costa;

DLC – Distância à Linha de Costa;

G – Geologia;

L – Litologia;

US – Uso do Solo.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados da cartografia de vulnerabilidade física costeira de Portugal Continental e do recuo da linha de costa.

Na cartografia de vulnerabilidade física, serão apresentados os resultados das áreas afetadas consoante os níveis de vulnerabilidade classificados de 1 a 5, sendo 1 o Muito Baixo e 5 o Extremo. Eles são referentes aos três horizontes temporais, 2025, 2050 e 2100, de acordo com a metodologia proposta no capítulo anterior, para duas projeções distintas, ou seja, para as projeções de Antunes [2016] e da Diretiva 2007/60/CE. Para o ano de 2025 os resultados dizem respeito às subseções estatísticas (BGRI) de modo a incorporar as pessoas residentes nas mesmas, enquanto que para 2050 e 2100 serão apresentadas as áreas vulneráveis ao nível da freguesia. O cálculo do recuo da linha de costa, foi realizado para o ano de 2100 de acordo com os valores de referência de sNMM de Antunes [2016].

A figura seguinte ilustra o fluxo de processo dos resultados presentes neste capítulo.

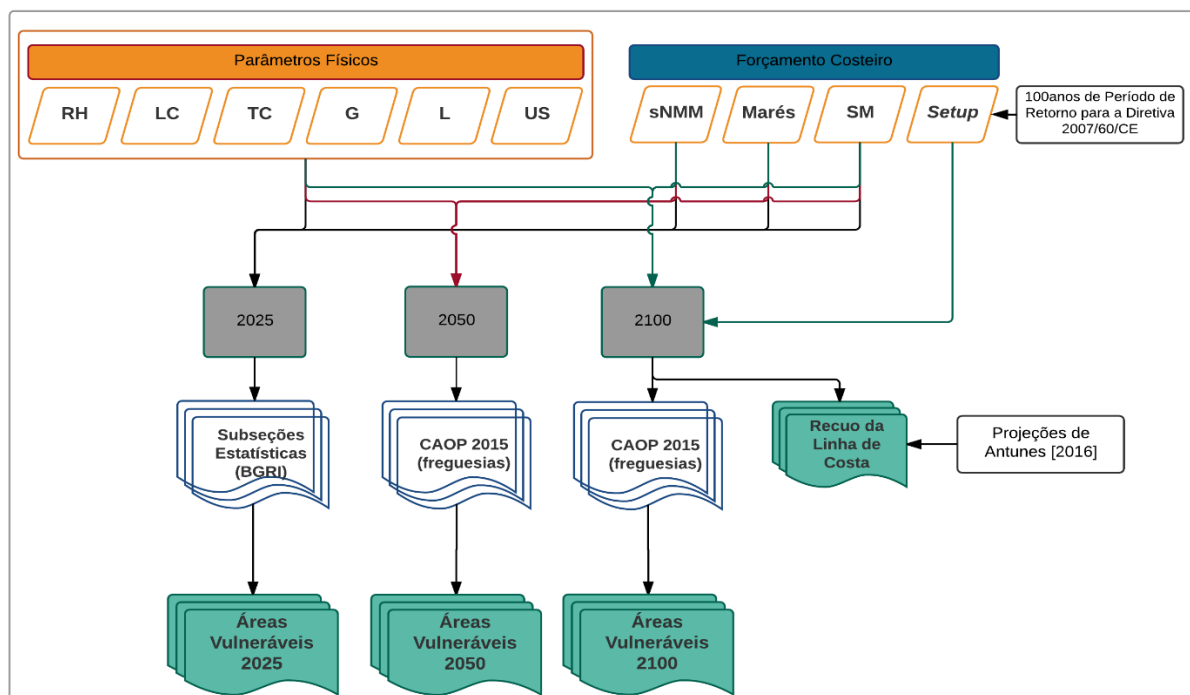


Figura 4.1. Fluxo dos resultados.

4.1. Cartografia de Vulnerabilidade física costeira de Portugal Continental

A cartografia de vulnerabilidade física costeira para Portugal Continental foi realizada para os três horizontes temporais, para cada um dos modelos de maré e para cada projeção de sNMM, ou seja, para as projeções de Antunes [2016] e da Diretiva 2007/60/CE. Tem-se assim um total de dez mapas de vulnerabilidade física costeira, que foram analisados de maneiras distintas consoante o horizonte temporal.

Como ressalva, os resultados relativos a rias e estuários estão subestimados, uma vez que o modelo de maré usado é um modelo costeiro, pelo que não reproduz a amplitude máxima de maré, especificamente na Ria de Aveiro e Estuário do Tejo. Assim, as áreas de Lisboa estarão subestimadas, pois a maré aí é de amplitude maior que a de Cascais, a maré usada.

4.1.1. ANO DE 2025

Para o ano de 2025, visto que é um horizonte temporal muito próximo, a análise aos resultados teve por base a maior resolução espacial possível. Em Portugal, existem várias divisões administrativas: Distrito, Concelho e Freguesias, mas para além destas, existem ainda as subsecções estatísticas, BGRI (Base Geográfica de Referenciação de Informação²⁹), estas têm uma elevada resolução espacial e estão disponíveis no site do Instituto Nacional de Estatística (INE) inúmeros dados alfanuméricos e geográficos que podem ser utilizados para apoio das conclusões tiradas nesta dissertação (Tabela 4.1).

Do site do INE fez-se o download para cada concelho da área em estudo as suas respetivas BGRI, ou seja, um ficheiro em formato *shapefile* com a sua localização devidamente georreferenciada (dados geográficos) e o número de residentes em cada uma (informação alfanumérica). O número de residentes servirá assim para saber quantas pessoas serão afetadas numa inundação ou pelo avanço do mar, bem como, se existem residentes numa zona classificada como vulnerável e caso estejam, qual o seu nível de resiliência (muito baixo, baixo, moderado, alto ou extremo).

Tabela 4.1. Dados geográficos e alfanuméricos para conclusões do Índice de Vulnerabilidade Costeiro de Portugal Continental em 2025.

Tipo dados	Fonte	Divisões administrativas	Números Totais
Dados geográficos	CAOP	Distritos	11
		Concelhos	64
		Freguesias	204
	INE	BGRI	46 612
Dados alfanuméricos	INE	Residentes	2 538 275

Uma vez, que estamos perante um número elevado de BGRI em estudo, os resultados aqui apresentados dizem respeito às BGRI do concelho mais vulnerável que se encontra no distrito com uma maior percentagem de área vulnerável em Portugal Continental.

²⁹ A Base Geográfica de Referenciação de Informação (BGRI) desenvolve-se segundo uma estrutura poligonal hierárquica cuja unidade elementar de representação é a Subsecção estatística. A partir desta unidade é possível, por agregação, construir qualquer representação de nível hierárquico superior, que poderá corresponder à divisão administrativa existente ou ser definida pelo utilizador. Para além da divisão administrativa (Freguesia, Concelho e Distrito) e dos vários níveis da Nomenclatura de Unidades Territoriais para fins Estatísticos (NUTS III, NUTS II e NUTS I), a BGRI é constituída por outros quatro tipos de unidades espaciais: subsecção estatística, secção estatística, lugar e base mínima comum [INE, 2016].

4.1.1.1. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2025, com Maré, SM, sNMM e com um período de retorno de 10 anos

De acordo com as projeções de Antunes [2016] de sNMM, obtém-se 66788.44 ha de área classificada como vulnerável, o que corresponde a 8.3% da área de estudo. Desta percentagem há a realçar que 6.7% está classificada com um índice de vulnerabilidade extremo. Na Tabela 4.2 é possível ver a área correspondente a cada nível de vulnerabilidade bem como a sua percentagem e na Figura 4.3 é possível ver o mapa de vulnerabilidade costeira.

Tabela 4.2. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2025, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM para um período de retorno de 10 anos.

NÍVEL DE VULNERABILIDADE	ÁREA VULNERÁVEL (m²)	% DE VULNERABILIDADE
MUITO BAIXA	1 056.2	0.0%
BAIXA	16 884.6	0.0%
MODERADA	11 713 697.1	0.1%
ALTA	118 021 662.0	1.5%
EXTREMA	538 207 715.5	6.7%

Fazendo agora uma análise mais concreta, das 46 612 subsecções estatísticas na área de estudo, 3 476 são vulneráveis ao galgamento costeiro, traduzindo-se em 120 152 residentes nessas mesmas zonas. O distrito que apresenta uma área com maior vulnerabilidade é o distrito de Aveiro, que apresenta 24.5% da sua área vulnerável. Este distrito tem oito concelhos costeiros e destes, o de Albergaria-a-Velha é o que se mostra mais vulnerável com 61.1% da sua área afetada, onde 55.7% apresenta um IVC extremo, 5.2% um IVC Alto, 0.1% um IVC Moderado, tendo 251 residentes nestas áreas vulneráveis.

Sendo assim, a Tabela 4.3 mostra para cada BGRI do concelho de Albergaria-a-Velha (nove no total), a sua área total vulnerável, as áreas vulneráveis consoante o nível de vulnerabilidade e ainda o número de residentes que se encontram nesses mesmos lugares.

Tabela 4.3. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2025 nas BGRI do concelho de Albergaria-a-Velha, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM para um período de retorno de 10 anos.

BGRI	Lugar	Área (m²)	Moderada		Alta		Extrema		Residentes
			Área (m²)	%	Área (m²)	%	Área (m²)	%	
1020300101	Angeja	134609.4	4326.5	3.2%	16360.6	12.2%	23205.1	17.2%	56
1020300102	Angeja	94660.6	0.0	0.0%	13432.3	14.2%	4342.9	4.6%	93
1020300104	Angeja	48031.1	0.0	0.0%	6968.5	14.5%	4948.8	10.3%	52
1020300108	Angeja	74231.4	400.0	0.5%	8479.8	11.4%	32.4	0.0%	43
1020300120	Residual	7390699.8	3403.0	0.0%	80221.7	1.1%	7200225.2	97.4%	0
1020300121	Residual	3916810.1	11939.6	0.3%	362910.2	9.3%	3216865.2	82.1%	0
1020300122	Residual	3055400.3	6559.8	0.2%	600261.7	19.6%	1350543.6	44.2%	0
1020300301	Angeja	4229.2	0.0	0.0%	442.0	10.5%	0.0	0.0%	0
1020300302	Angeja	99317.5	4910.7	4.9%	20070.0	20.2%	44664.6	45.0%	7

A Figura 4.2 apresenta o mapa do IVC para as BGRI do concelho de Albergaria-a-Velha e a sua população residente de acordo com a tabela anterior. A análise para cada distrito e para cada concelho, encontra-se no AnexoF.i. – página 98.

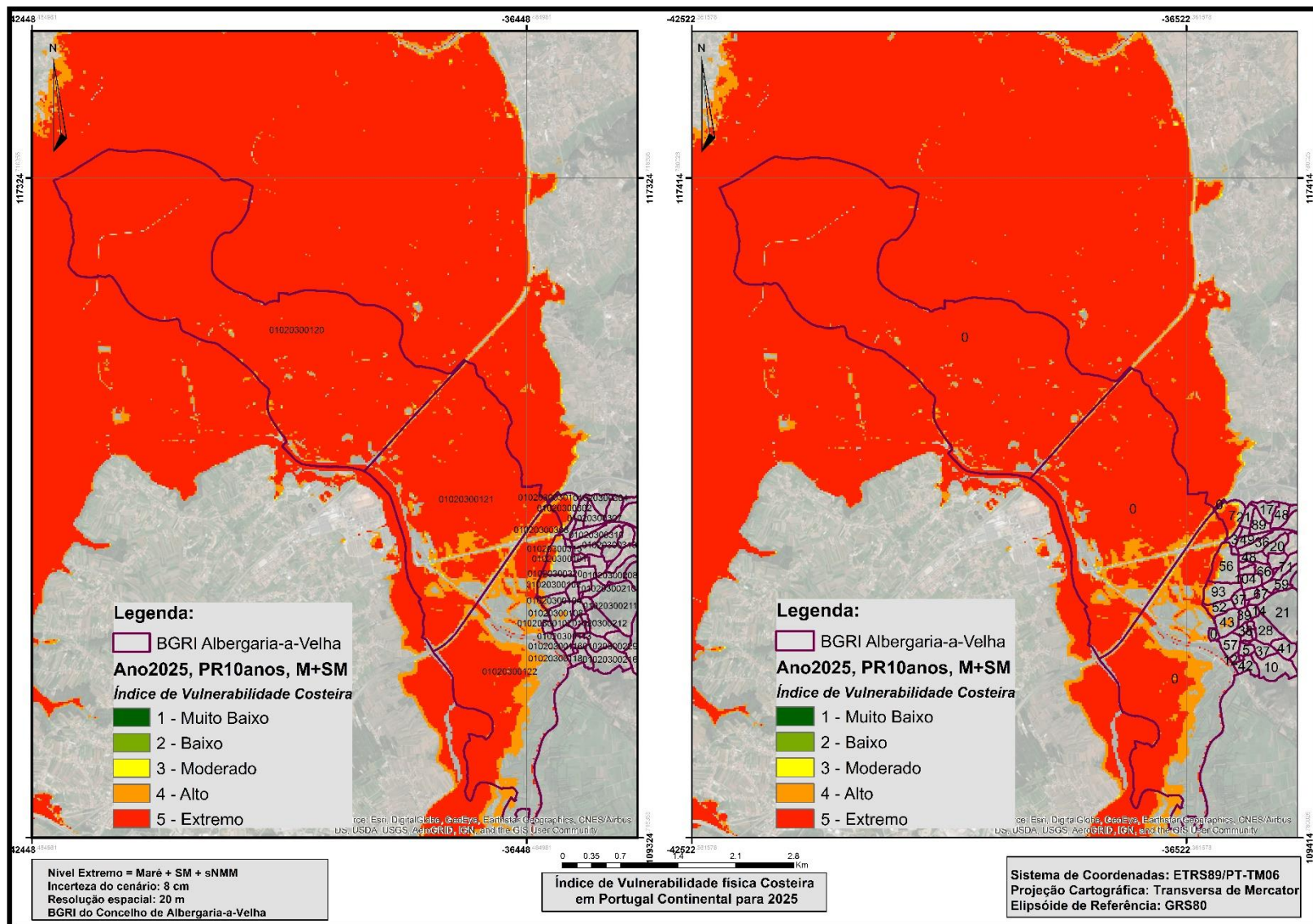


Figura 4.2. Índice de Vulnerabilidade Costeira para as BGRI do concelho de Albergaria-a-Velha em 2025, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica para 10 anos de período de retorno. a) BGRI com os códigos de identificação; b) BGRI com o número de residentes

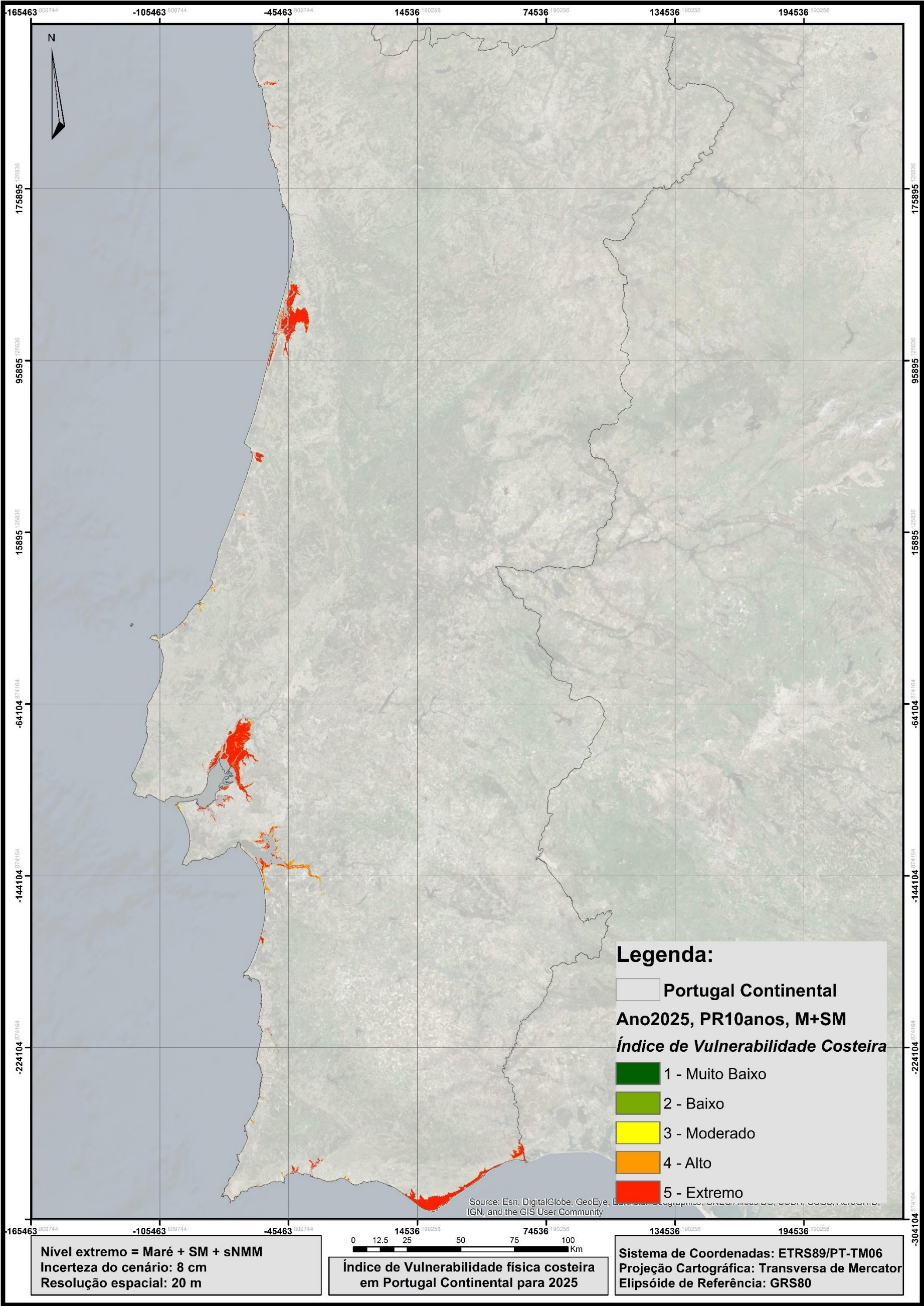


Figura 4.3. Índice de Vulnerabilidade Costeira para Portugal continental em 2025, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica para 10 anos de período de retorno.

4.1.1.2. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2025, com Maré, SM, sNMM e com um período de retorno de 100 anos – Cenário Diretiva 2007/60/CE

Para o cenário da Diretiva 2007/60/CE, tem-se 60966.29 ha de área vulnerável, o que corresponde a 7.5% da área total do estudo, dos quais 5.6% está classificada como tendo um nível de vulnerabilidade extremo. Na Tabela 4.4 é possível ver a área correspondente a cada nível de vulnerabilidade bem como a sua percentagem e na Figura 4.5 é possível ver o mapa de vulnerabilidade costeira.

Tabela 4.4. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2025, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM e para um período de retorno de 100 anos – Diretiva 2007/60/CE.

NÍVEL DE VULNERABILIDADE	ÁREA VULNERÁVEL (m²)	% DE VULNERABILIDADE
MUITO BAIXA	800.0	0.0%
BAIXA	102513.4	0.0%
MODERADA	9272753.3	0.1%
ALTA	145273948.7	1.8%
EXTREMA	455012888.2	5.6%

Lisboa, é o distrito que apresenta uma área (19.3%) com maior vulnerabilidade para um período de retorno de 100 anos, onde 16.9% é classificada como área de vulnerabilidade extrema. Neste mesmo distrito tem-se nove concelhos costeiros e destes, Vila Franca de Xira apresenta 53.8% de área vulnerável, ou seja, 14699.40 ha dos seus 27340.67 ha, onde 47.8% apresenta um IVC extremo e 5.9% um IVC Alto, existem atualmente 2506 pessoas residentes nestas áreas. A Tabela 4.5 indica para cada BGRI de Vila Franca de Xira a sua área vulnerável total e cada nível de vulnerabilidade, bem como, o número dos seus residentes. No Anexo F.ii. (Página 100) encontram-se as análises para cada distrito e concelho de Portugal Continental.

Tabela 4.5. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2025 nas BGRI do concelho de Vila Franca de Xira, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM para um período de retorno de 100 anos.

BGRI	LUGAR	ÁREA (m²)	ALTA		EXTREMA		RESIDENTES
			Área (m²)	%	Área (m²)	%	
11140100204	Alhandra	2419.5	222.0	9.2%	0.0	0.0%	32
11140100206	Alhandra	3659.1	328.5	9.0%	0.0	0.0%	70
11140100207	Alhandra	7225.7	777.4	10.8%	0.0	0.0%	140
11140100301	Alhandra	746163.8	7547.3	1.0%	25746.2	3.5%	6
11140100304	Alhandra	4818.2	82.0	1.7%	0.0	0.0%	50
11140100305	Alhandra	1722.4	304.0	17.6%	0.0	0.0%	30
11140100306	Alhandra	3026.0	384.3	12.7%	125.5	4.1%	37
11140100308	Alhandra	3854.4	42.8	1.1%	0.0	0.0%	68
11140100309	Alhandra	3235.6	605.9	18.7%	468.1	14.5%	33
11140100310	Alhandra	7611.9	0.1	0.0%	0.0	0.0%	81
11140100501	Alhandra	6615.8	0.0	0.0%	14.0	0.2%	25
11140100502	Alhandra	11457.0	505.1	4.4%	432.9	3.8%	2
11140100503	Alhandra	4466.8	365.6	8.2%	0.0	0.0%	105
11140100504	Alhandra	7977.1	1823.3	22.9%	799.3	10.0%	55
11140100507	Alhandra	3317.4	1268.6	38.2%	1153.3	34.8%	1
11140100508	Alhandra	5107.0	1918.5	37.6%	305.7	6.0%	134
11140100705	Alhandra	4130.9	709.4	17.2%	0.0	0.0%	54
11140101008	Alhandra	457088.5	9544.0	2.1%	1682.8	0.4%	116
11140101101	Alhandra	7690.7	2193.5	28.5%	2180.8	28.4%	23

Capítulo 4 - Resultados

11140101102	Alhandra	5780.6	664.8	11.5%	136.7	2.4%	150
11140101103	Alhandra	3258.1	1674.8	51.4%	725.9	22.3%	49
11140101104	Alhandra	4679.6	839.8	17.9%	231.7	5.0%	53
11140101105	Alhandra	3532.8	1979.8	56.0%	159.3	4.5%	10
11140101106	Alhandra	3413.7	542.2	15.9%	185.7	5.4%	28
11140101108	Alhandra	7989.9	2296.7	28.7%	915.0	11.5%	75
11140101109	Alhandra	1834.8	721.6	39.3%	0.0	0.0%	51
11140200501	Alverca do Ribatejo	279172.4	2791.1	1.0%	157.6	0.1%	25
11140201501	Alverca do Ribatejo	3218918.5	284026.8	8.8%	801950.1	24.9%	0
11140201502	Alverca do Ribatejo	464658.3	120462.3	25.9%	78303.6	16.9%	11
11140201506	Alverca do Ribatejo	87601.7	3099.8	3.5%	123.3	0.1%	108
11140202301	Alverca do Ribatejo	552325.6	0.0	0.0%	273.8	0.1%	26
11140202302	Alverca do Ribatejo	92418.3	903.0	1.0%	530.0	0.6%	12
11140203505	Alverca do Ribatejo	26335.6	137.1	0.5%	0.0	0.0%	58
11140204003	Alverca do Ribatejo	27098.6	2924.4	10.8%	256.2	0.9%	0
11140204008	Alverca do Ribatejo	230849.8	16754.4	7.3%	15821.0	6.9%	0
11140204009	Alverca do Ribatejo	8466.7	2577.8	30.4%	276.7	3.3%	83
11140204010	Alverca do Ribatejo	340614.9	49912.3	14.6%	263895.2	77.5%	0
11140204403	Alverca do Ribatejo	406317.9	9619.5	2.4%	2745.8	0.7%	0
11140204408	Alverca do Ribatejo	541380.1	124305.7	23.0%	264207.8	48.8%	0
11140601001	Póvoa de Santa Iria	386285.8	41650.2	10.8%	55843.6	14.5%	1
11140601002	Póvoa de Santa Iria	113661.8	273.8	0.2%	0.0	0.0%	0
11140602501	Póvoa de Santa Iria	547076.5	17229.0	3.1%	107536.1	19.7%	0
11140602502	Póvoa de Santa Iria	949443.5	80649.8	8.5%	154428.9	16.3%	68
11140900101	Vila Franca de Xira	360662.1	58783.2	16.3%	24688.8	6.8%	0
11140900106	Residual	44928769.4	3720779.2	8.3%	30941372.3	68.9%	30
11140900107	Residual	26530935.5	4245261.2	16.0%	19391613.3	73.1%	31
11140900606	Vila Franca de Xira	136473.5	7713.6	5.7%	2860.8	2.1%	113
11140900701	Vila Franca de Xira	428682.6	42996.5	10.0%	346775.5	80.9%	0
11140900702	Vila Franca de Xira	329178.9	41858.1	12.7%	21691.2	6.6%	3
11140901201	Vila Franca de Xira	162399.6	1817.1	1.1%	16072.9	9.9%	96
11140901205	Vila Franca de Xira	5508.0	380.4	6.9%	0.0	0.0%	36
11140901208	Vila Franca de Xira	6343.7	31.9	0.5%	0.0	0.0%	23
11140901209	Vila Franca de Xira	3701.1	206.2	5.6%	0.0	0.0%	21
11140901901	Vila Franca de Xira	2805.3	1070.0	38.1%	1147.3	40.9%	9
11140901902	Vila Franca de Xira	135914.7	3694.4	2.7%	2634.7	1.9%	17
11140901903	Vila Franca de Xira	2394.7	1077.8	45.0%	735.6	30.7%	16
11140901907	Residual	126248697.8	7026558.6	5.6%	76559766.8	60.6%	20
11140902428	Vila Franca de Xira	120866.8	11698.1	9.7%	17858.9	14.8%	0
11140902903	Vila Franca de Xira	19723.3	5781.6	29.3%	203.5	1.0%	83
11140902904	Vila Franca de Xira	4124.9	287.7	7.0%	258.8	6.3%	50
11140903002	Vila Franca de Xira	158572.3	8213.3	5.2%	4367.3	2.8%	2
11141000206	Sobralinho	147334.5	5894.6	4.0%	388.6	0.3%	20
11141000601	Sobralinho	202861.8	3114.0	1.5%	386.2	0.2%	62
11141000604	Sobralinho	1017561.3	98048.8	9.6%	20314.7	2.0%	4
11141100202	Forte da Casa	477608.2	7290.6	1.5%	17070.1	3.6%	0
11141100203	Forte da Casa	2591392.7	268835.4	10.4%	1486113.4	57.3%	0

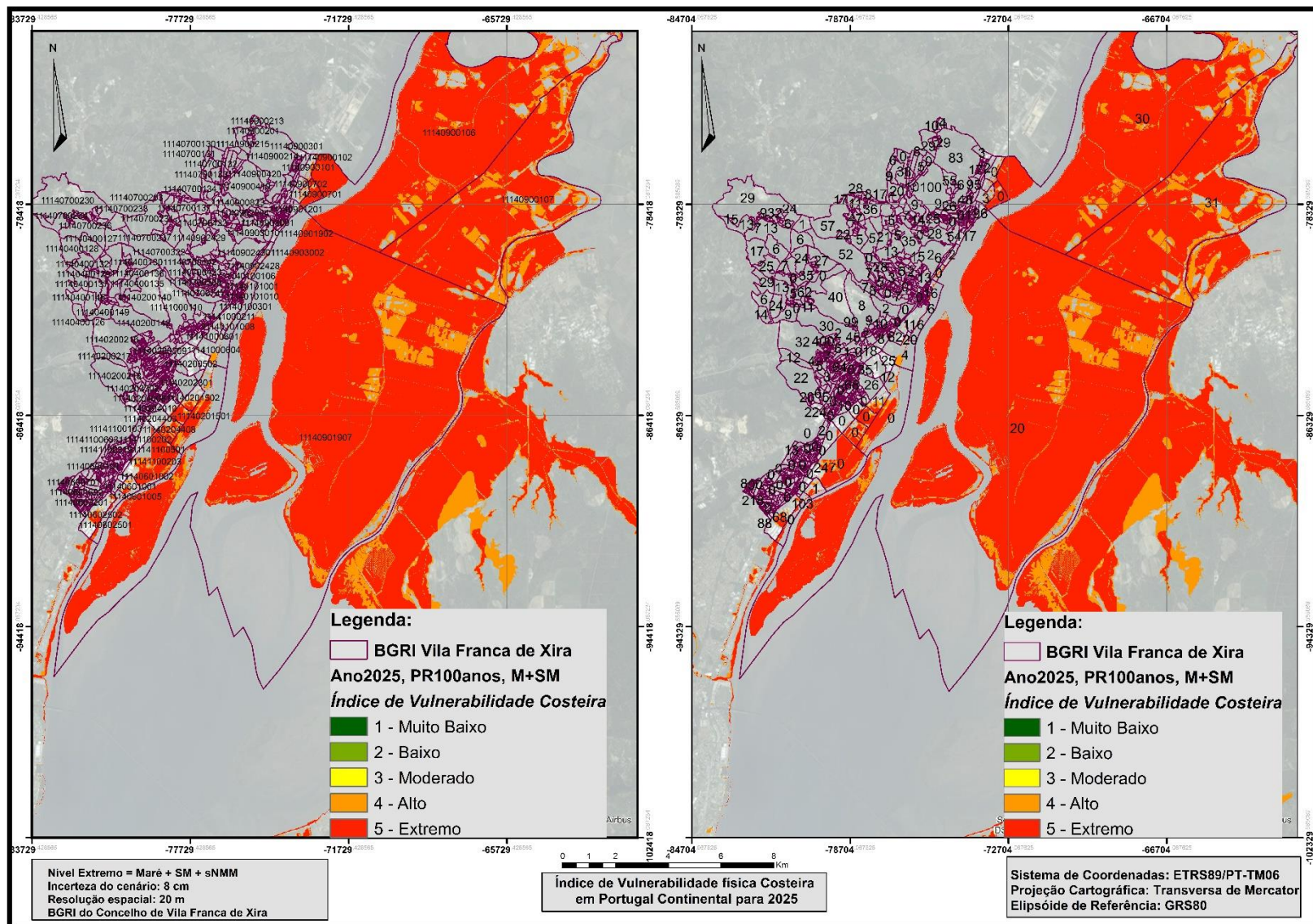


Figura 4.4. Índice de Vulnerabilidade Costeira para as BGRI do concelho de Vila Franca de Xira em 2025, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica para 100 anos de período de retorno – Cenário Diretiva 2007/60/CE. a) BGRI com os códigos de identificação; b) BGRI com o número de residentes.

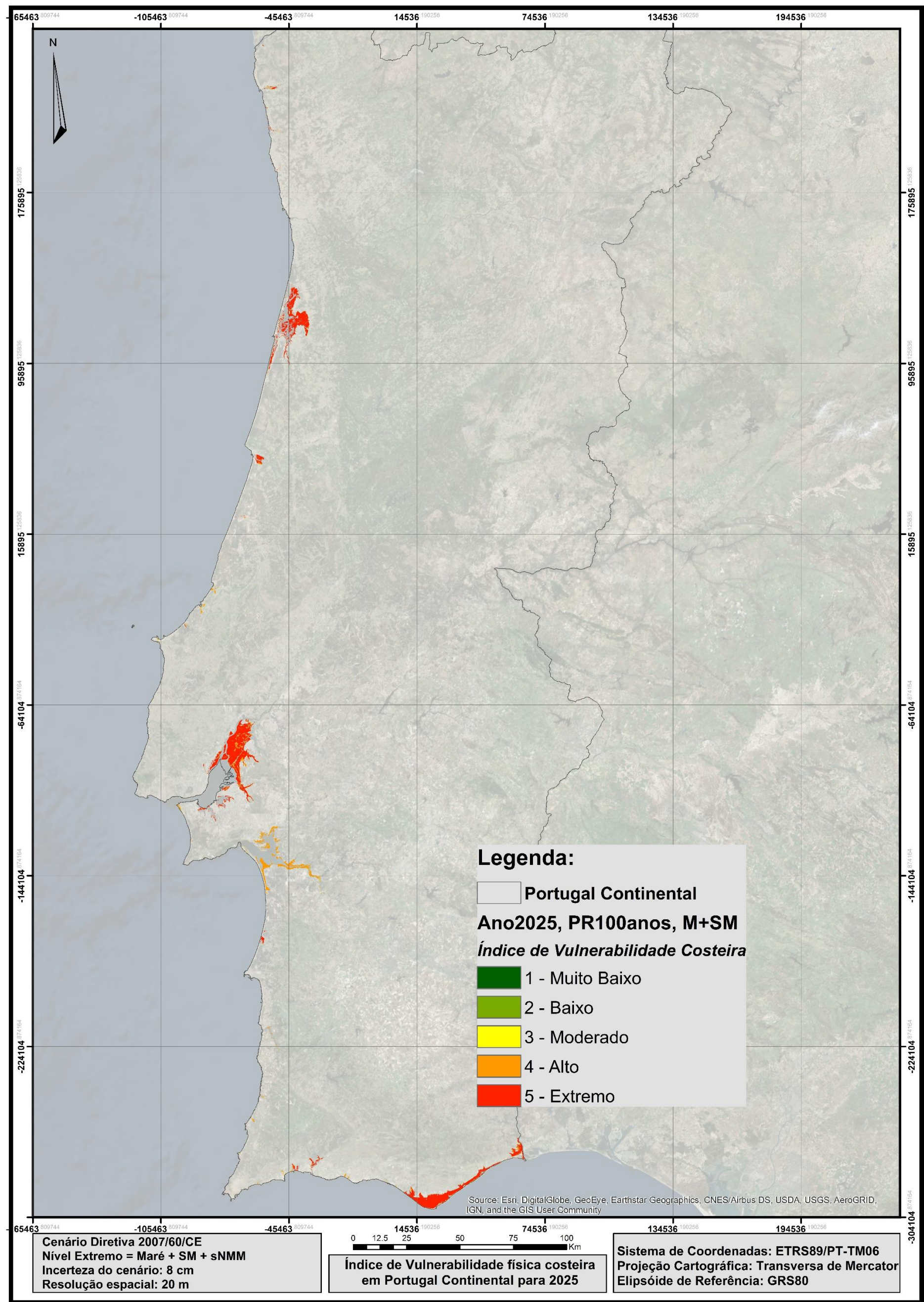


Figura 4.5. Índice de Vulnerabilidade Costeira para Portugal continental em 2025, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica para 100 anos de período de retorno – Cenário Diretiva 2007/60/CE.

4.1.2. ANO DE 2050

Os Índices de Vulnerabilidade Costeira para o ano de 2050 foram analisados em cada freguesia da área em estudo. Tem-se no total 204 freguesias (Tabela 4.6) sendo 200 consideradas como vulneráveis, ou seja, 98.0% das freguesias costeiras estão de alguma forma expostas ao galgamento e inundação costeira.

Tabela 4.6. Dados geográficos para conclusões do Índice de Vulnerabilidade Costeiro de Portugal Continental em 2050.

FONTE	DIVISÕES ADMINISTRATIVAS	NÚMEROS TOTAIS
CAOP	Distritos	11
	Concelhos	64
	Freguesias	204

À semelhança do apresentado para o ano 2025, estes resultados dizem respeito às freguesias do concelho mais vulnerável que se encontra no distrito com uma maior percentagem de área vulnerável em Portugal Continental.

4.1.2.1. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2050, com Maré, SM, sNMM e com um período de retorno de 20 anos

Para este cenário de nível extremo, tem-se 9.1% da área de estudo como área classificada de vulnerável, ou seja, 73136.31 ha de área, onde 6.3% está classificada como tendo um índice de vulnerabilidade extremo. Na Tabela 4.7 é possível ver a área correspondente a cada nível de vulnerabilidade bem como a sua percentagem.

Tabela 4.7. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2050, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM para um período de retorno de 20 anos.

NÍVEL DE VULNERABILIDADE	ÁREA VULNERÁVEL (m²)	% DE VULNERABILIDADE
MUITO BAIXA	4 400.0	0.0%
BAIXA	37 644.6	0.0%
MODERADA	21 959 769.7	0.3%
ALTA	143 847 792.9	1.8%
EXTREMA	510 108 872.1	6.3%

Comparando estes resultados, com os do cenário de 2025 é possível verificar um aumento da área classificada como vulnerável, porém, esta área tem um acréscimo significativo nas zonas consideradas de vulnerabilidade moderada e alta, tendo um decréscimo nas áreas classificadas como extremas. Isto poderá ser explicado com a incerteza do cenário de forçamento costeiro, em que áreas que anteriormente poderiam ter uma baixa probabilidade de ocorrência terem “ganho” aqui maior probabilidade.

Sendo assim, o distrito que apresenta uma área com maior vulnerabilidade é novamente o distrito de Aveiro, com 26.6% da sua área vulnerável e, deste, o concelho de Albergaria-a-Velha é o que se mostra mais vulnerável com 63.8% da sua área afetada, onde 57.1% apresenta um IVC extremo, 6.5% um IVC Alto, 0.2% um IVC Moderado. De notar que houve um aumento 2.3% de área vulnerável, o equivalente a 57.00 ha.

Este concelho, tem somente uma freguesia na área de estudo (Angeja), traduzindo assim, todos os valores apresentados na tabela seguinte (área total vulnerável, as áreas vulneráveis consoante o nível de vulnerabilidade) para essa mesma freguesia.

Tabela 4.8. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2050 na freguesia do concelho de Albergaria-a-Velha, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM para um período de retorno de 20 anos.

Freguesia	Área (m ²)		Moderada		Alta		Extrema	
	Total da freguesia	Total vulnerável	Área (m ²)	%	Área (m ²)	%	Área (m ²)	%
Angeja	21251702.8	1355536.1	37221.1	0.2%	1391060.8	6.5%	12127254.2	57.1%

A figura seguinte mostra em pormenor a freguesia de Angeja e o seu IVC. Na Figura 4.7 é possível ver o mapa de vulnerabilidade costeira para Portugal Continental.

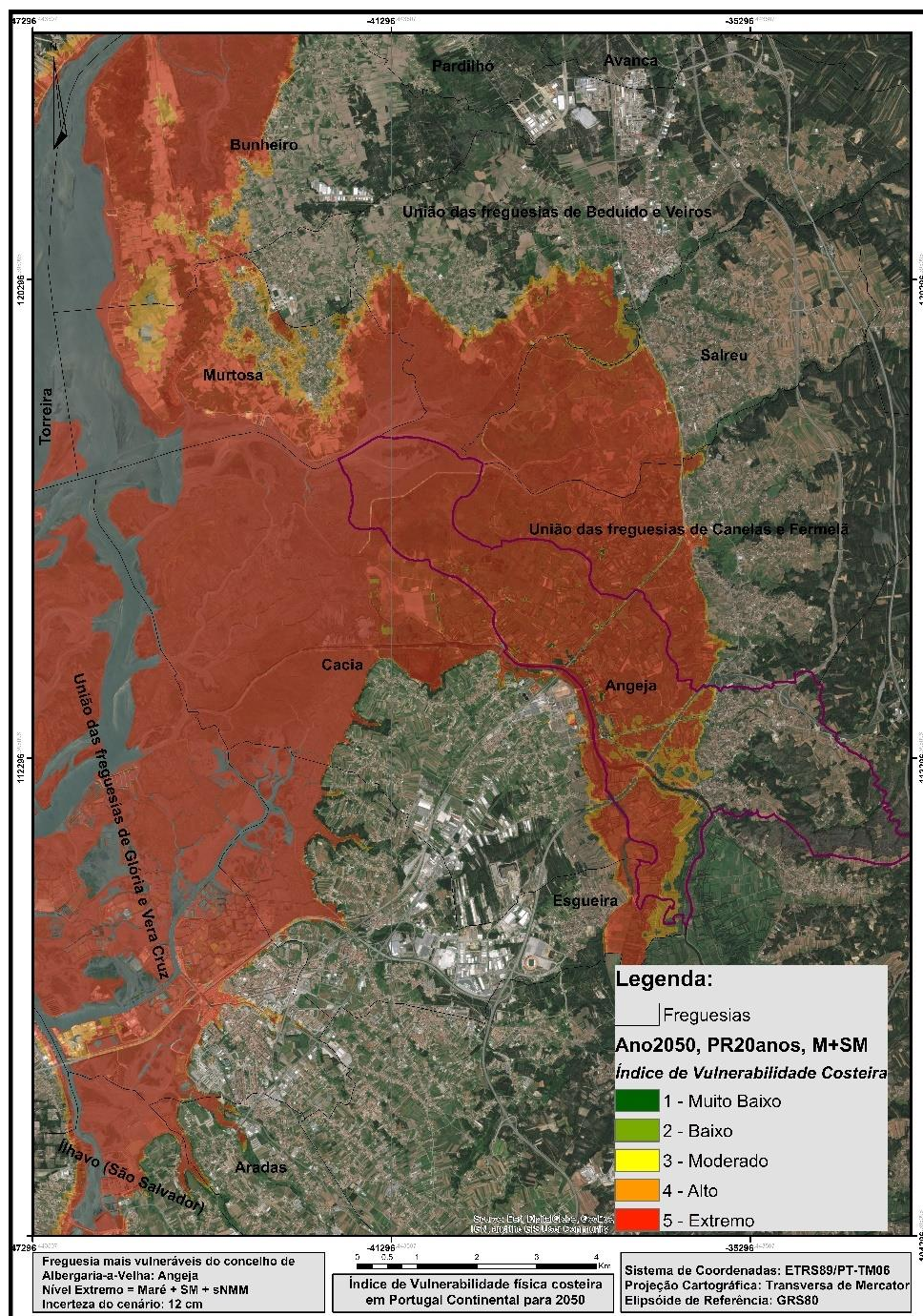


Figura 4.6. Índice de Vulnerabilidade Costeira para a freguesia de Angeja no concelho de Albergaria-a-Velha em 2050, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica para 20 anos de período de retorno.

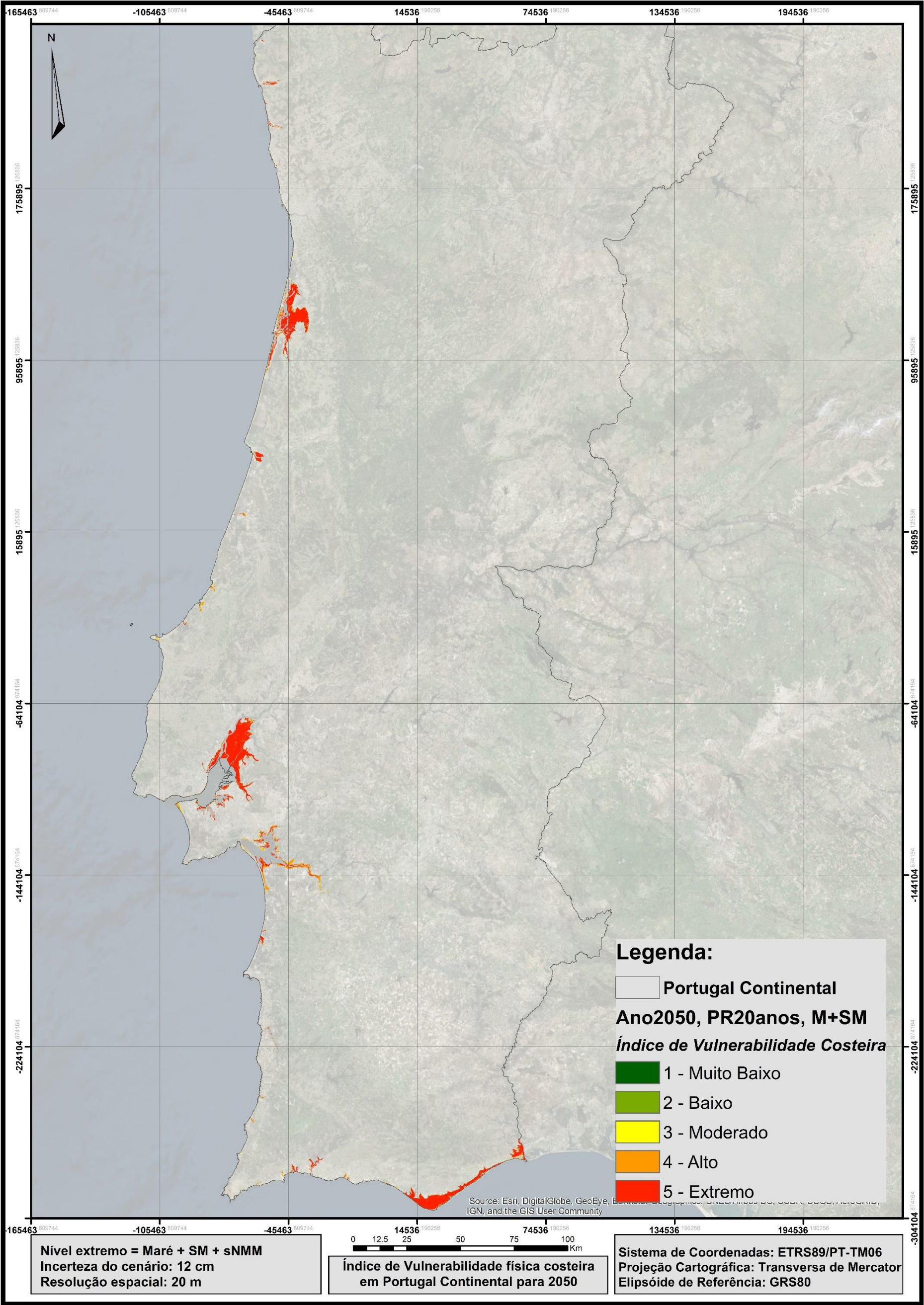


Figura 4.7. Índice de Vulnerabilidade Costeira para Portugal continental em 2050, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica para 20 anos de período de retorno.

4.1.2.2. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2050, com Maré, SM, sNMM e com um período de retorno de 100 anos – Cenário Diretiva 2007/60/CE

Para o cenário de nível extremo segundo a Diretiva 2007/60/CE, 64466.33 ha de área é classificada como vulnerável, o que corresponde a 7.9% da área total do estudo, sendo que 6.6% está classificada como tendo um índice de vulnerabilidade extremo. Na Tabela 4.9 é possível ver a área correspondente a cada nível de vulnerabilidade bem como a sua percentagem e na Figura 4.9 é possível ver o mapa de vulnerabilidade costeira.

Tabela 4.9. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2050, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM para um período de retorno de 100 anos – Diretiva 2007/60/CE.

NÍVEL DE VULNERABILIDADE	ÁREA VULNERÁVEL (m²)	% DE VULNERABILIDADE
MUITO BAIXA	0.0	0.0%
BAIXA	199 883.3	0.0%
MODERADA	4 721 338.0	0.1%
ALTA	104 147 471.1	1.3%
EXTREMA	535 594 640.8	6.6%

O distrito que apresenta uma maior percentagem de área vulnerável é novamente o distrito de Lisboa com 20.2%, ou seja, um aumento de 0.9% em relação a 2025, sendo que 19.3% é classificada como área de vulnerabilidade extrema, o que se traduz num aumento de 2.3% face ao ano de 2025. Deste distrito, o concelho que se mostra mais vulnerável é novamente o de Vila Franca de Xira com 15377.38 ha, ou seja, 56.2% da sua área total, sendo que 14808.04 ha são considerados de vulnerabilidade extrema. A Tabela 4.10 indica para cada freguesia do concelho de Vila Franca de Xira a sua área vulnerável total e de cada nível de vulnerabilidade.

Tabela 4.10. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2050 nas freguesias do concelho de Vila Franca de Xira, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM para um período de retorno de 100 anos.

Freguesia	ÁREA (m²)		Alta		Extrema	
	Total da Freguesia	Total Vulnerável	Área (m²)	%	Área (m²)	%
Vila Franca de Xira	212869552.2	148350765.1	4931706.4	2.3%	143419058.7	67.4%
União das freguesias de Alhandra, São João dos Montes e Calhandriz	27535370.4	219442.4	77630.7	0.3%	141811.7	0.5%
União das freguesias de Alverca do Ribatejo e Sobralinho	23918046.4	2652028.6	405526.6	1.7%	2246502.0	9.4%
União das freguesias de Póvoa de Santa Iria e Forte da Casa	9160956.7	2551564.5	278556.4	3.0%	2273008.1	24.8%

A figura seguinte mostra em pormenor as quatro freguesias de Vila Franca de Xira e o seu IVC. A Tabela 4.11 mostra as diferenças de áreas de vulnerabilidade total, alta e extrema, nas quatro freguesias do concelho de Vila Franca de Xira entre 2025 e 2050.

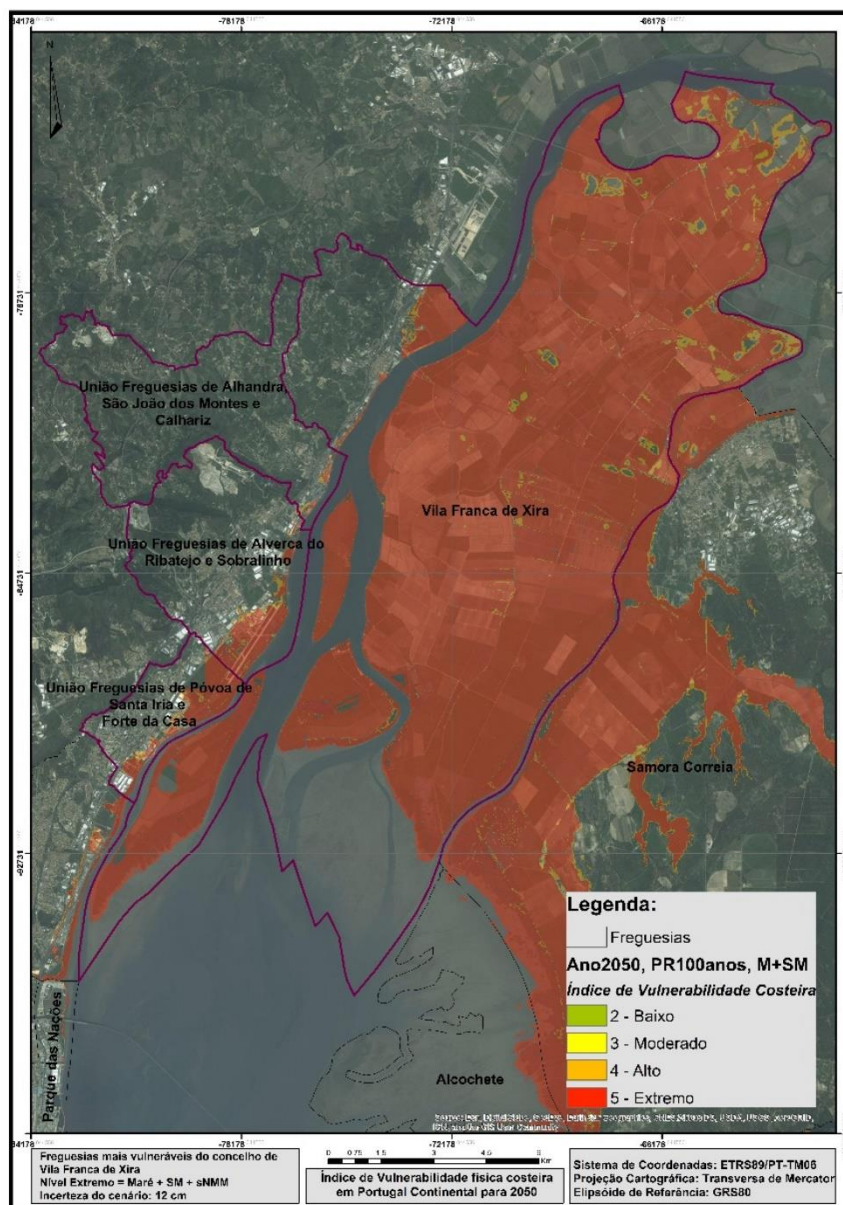


Figura 4.8. Índice de Vulnerabilidade Costeira para as quatro freguesias (Vila Franca de Xira, União de Freguesias de Alhandra, São João dos Montes e Calhariz, União de Freguesias de Alverca do Ribatejo e Sobralinho, União de Freguesias de Póvoa de Santa Iria e Forte da Casa) no concelho de Vila Franca de Xira em 2050, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica para 100 anos de período de retorno – Cenário Diretiva 2007/60/CE.

Tabela 4.11. Diferença de áreas de vulnerabilidade total, alta e extrema, nas quatro freguesias do concelho de Vila Franca de Xira entre 2050 e 2025, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica para 100 anos de período de retorno – Cenário Diretiva 2007/60/CE.

Freguesia	Área (m²)	Vulnerabilidade	
		Alta	Extrema
	Diferença 2050 - 2025	Diferença 2050 - 2025	Diferença 2050 - 2025
Vila Franca de Xira	2.7%	- 4.8%	+ 7.6%
União das freguesias de Alhandra, São João dos Montes e Calhandriz	0.5%	+ 0.1%	+ 0.4%
União das freguesias de Alverca do Ribatejo e Sobralinho	2.0%	- 1.3%	+ 3.3%
União das freguesias de Póvoa de Santa Iria e Forte da Casa	3.4%	- 1.5%	+ 4.9%

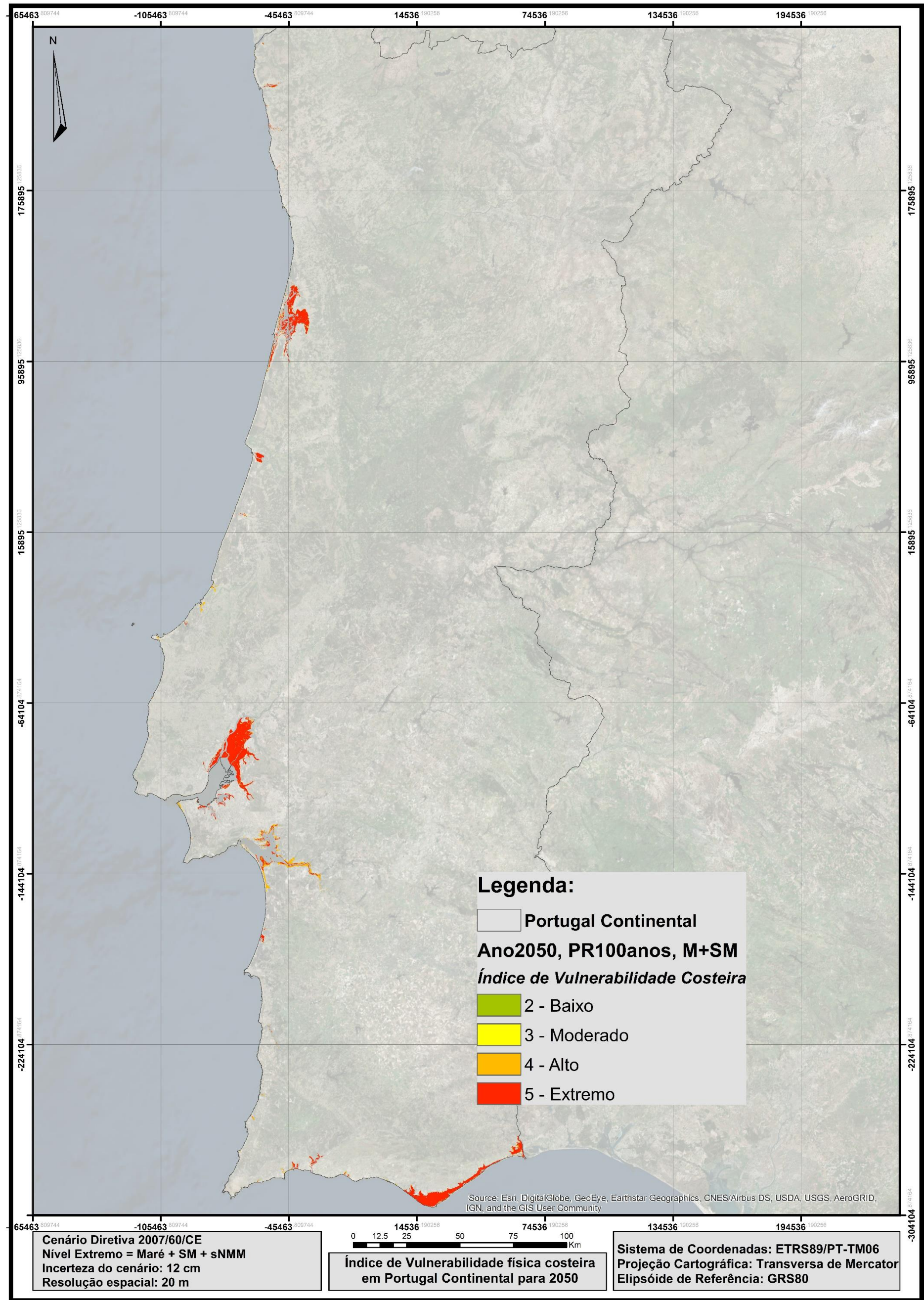


Figura 4.9. Índice de Vulnerabilidade Costeira para Portugal continental em 2050, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica para 100 anos de período de retorno – Cenário Diretiva 2007/60/CE.

4.1.3. ANO DE 2100

Sendo este o horizonte temporal mais longínquo, optou-se por analisar os resultados do IVC segundo os dois modelos de nível extremo, ou seja, para as Projeções de Antunes [2016] utilizou-se o modelo de nível extremo de maré mais sobrelevação meteorológica e, para os resultados da Diretiva 2007/60/CE acrescentou-se o *setup* de agitação marítima. É de esperar, que o cenário da Diretiva seja o cenário mais “catastrófico” devido às projeções de sNMM acrescentando a componente do *setup* ao modelo. Como nas análises dos anos anteriores, os resultados aqui apresentados dizem respeito às freguesias do concelho mais vulnerável.

4.1.3.1. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2100, com Maré, SM, sNMM e com um período de retorno de 50 anos

Para este cenário, tem-se 88795.50 ha de área classificada como vulnerável, o que corresponde a 11.0% da área total do estudo, sendo que 7.1% está classificada como tendo um índice de vulnerabilidade extremo. Na Tabela 4.12 é possível ver a área correspondente a cada nível de vulnerabilidade bem como a sua percentagem. Na Figura 4.13 é possível ver o mapa de vulnerabilidade costeira.

Tabela 4.12. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2100, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM para um período de retorno de 50 anos.

NÍVEL DE VULNERABILIDADE	ÁREA VULNERÁVEL (m²)	% DE VULNERABILIDADE
MUITO BAIXA	9552.2	0.0%
BAIXA	107426.0	0.0%
MODERADA	61364654.7	0.8%
ALTA	255412799.5	3.2%
EXTREMA	571060522.0	7.1%

Aveiro é o distrito que apresenta uma maior percentagem de área vulnerável, 33.6%, sendo que 23.7% da sua área total é classificada como área de vulnerabilidade extrema. Deste distrito, o concelho que se mostra mais vulnerável é novamente o de Albergaria-a-Velha com 67.9% da sua área total, sendo que 1443.55 ha, ou seja, 58.8% são considerados de vulnerabilidade extrema. De seguida, o concelho de Murtosa apresenta 63.3% da sua área vulnerável, com 36.1% classificada como vulnerabilidade extrema. A Tabela 4.13 indica para a freguesia (Angeja) do concelho de Albergaria-a-Velha, e para as três freguesias (Bunheiro, Murtosa e Torreira) do concelho de Murtosa a sua área vulnerável total para cada nível de vulnerabilidade.

Tabela 4.13. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2100 nas freguesias do concelho de Albergaria-a-Velha e de Murtosa, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM para um período de retorno de 50 anos.

Freguesia	ÁREA (m²)		Moderada		Alta		Extrema	
	Total da Freguesia	Total Vulnerável	Área (m²)	%	Área (m²)	%	Área (m²)	%
Angeja	21251702.8	14435500.0	107443.4	0.5%	1833405.4	8.627%	12494651.2	58.8%
Bunheiro	24792350.2	13969773.1	54400.0	0.2%	2085783.7	8.413%	11829589.4	47.7%
Murtosa	14549300.5	11592006.6	29167.6	0.2%	3150182.7	21.652%	8412656.2	57.8%
Torreira	31460443.1	19221436.4	1373429.9	4.4%	12540817.4	39.862%	5307189.1	16.9%

A Figura 4.10 e a Figura 4.11 mostram em pormenor o IVC das freguesias de Angeja e as três freguesias de Murtosa, respetivamente. Na Figura 4.12 é possível verificar que existem habitações numa zona com probabilidade de ocorrência do cenário superior a 80%, ou seja, estão numa zona de vulnerabilidade extrema para a freguesia da Torreira.

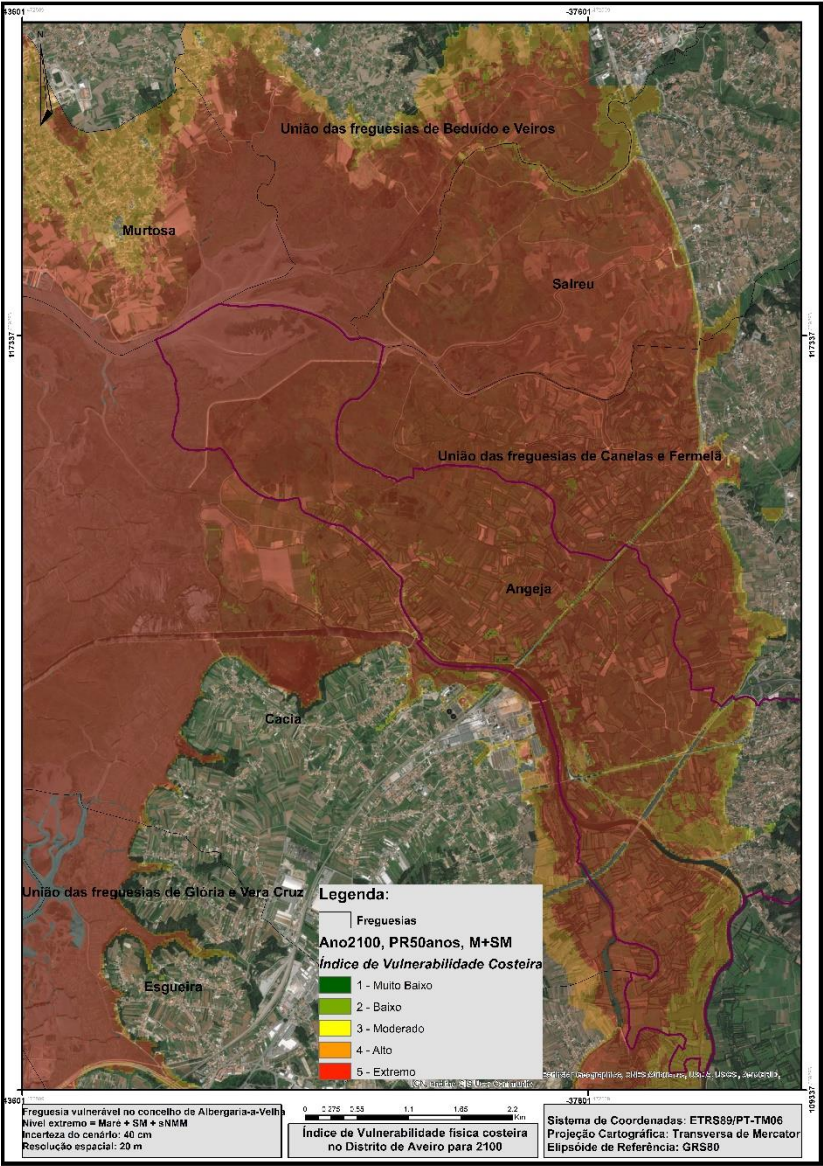


Figura 4.10. Índice de Vulnerabilidade Costeira para a freguesia de Angeja no concelho de Albergaria-a-Velha em 2100, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica e para 50 anos de período de retorno.

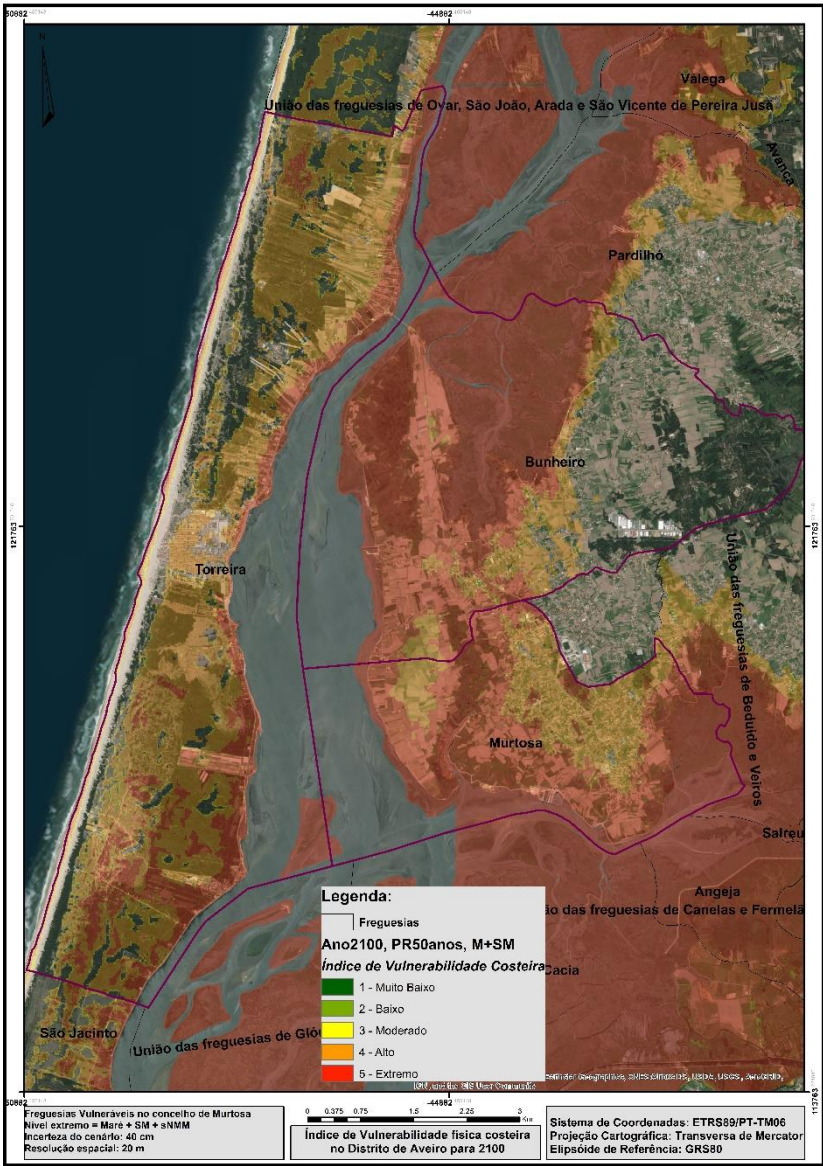


Figura 4.11. Índice de Vulnerabilidade Costeira para as três freguesias (Bunheiro, Murtosa e Torreira) no concelho de Murtosa em 2100, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica e para 50 anos de período de retorno.

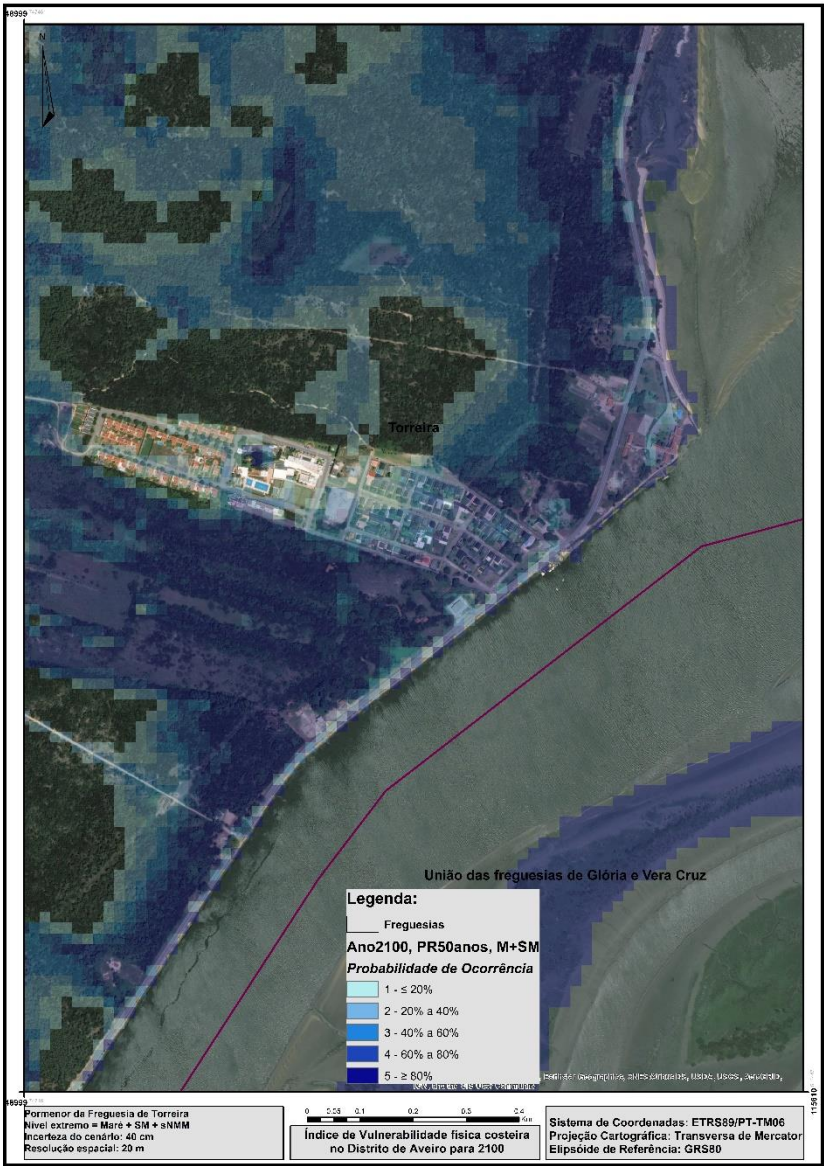


Figura 4.12. Pormenor da freguesia de Torreira no concelho de Murtosa, com habitações em risco no cenário do nível extremo de maré mais sobrelevação meteorológica e para 50 anos de período de retorno cuja probabilidade de ocorrência é superior a 80%.

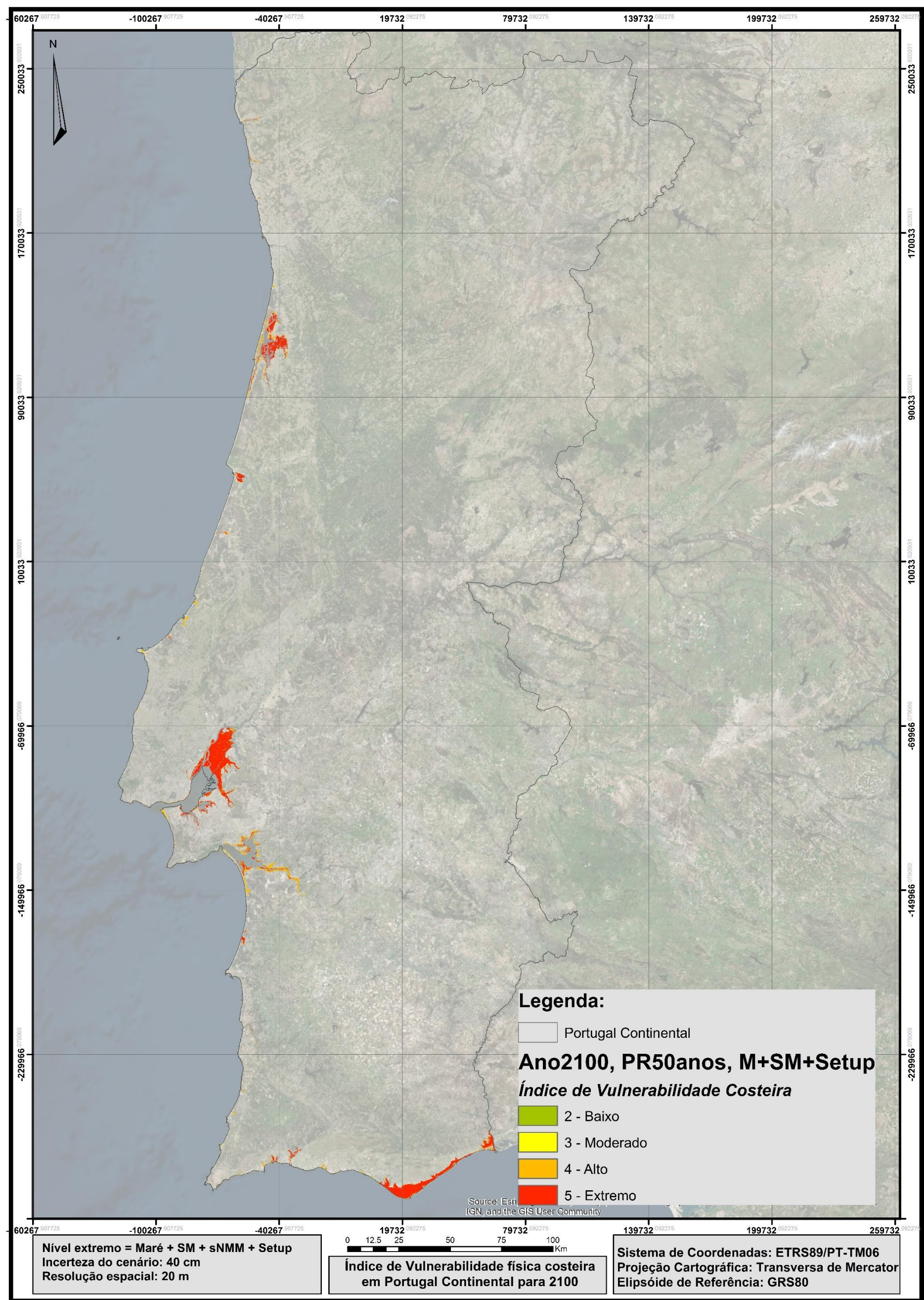


Figura 4.13. Índice de Vulnerabilidade Costeira para Portugal continental em 2100, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica mais *setup* de agitação marítima para 50 anos de período de retorno.

4.1.3.2. Índice de Vulnerabilidade Costeira para 2100, com Maré, SM, sNMM e Setup de agitação marítima para um período de retorno de 100 anos – Cenário Diretiva 2007/60/CE

Este cenário de nível extremo, mostrou que 13.4% (108518.68 ha) da zona costeira de Portugal Continental estará vulnerável, sendo 9.8% da área de estudo classificada como tendo vulnerabilidade extrema. Na tabela seguinte é possível ver a área afetada (m² e percentagem) em cada nível de vulnerabilidade:

Tabela 4.14. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade para cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2100, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM, Setup e para um período de retorno de 100 anos.

NÍVEL DE VULNERABILIDADE	ÁREA VULNERÁVEL (m ²)	% DE VULNERABILIDADE
MUITO BAIXA	0.0	0.0%
BAIXA	51 001.4	0.0%
MODERADA	21 047 774.6	0.3%
ALTA	274 068 590.0	3.4%
EXTREMA	790 019 443.6	9.8%

Aveiro é novamente o distrito com uma maior percentagem de área vulnerável, sendo o concelho da Murtosa o que se mostra mais vulnerável, 73.3% da sua área total, em que 65.0% é classificada como tendo vulnerabilidade extrema. Tem-se três freguesias pertencentes a este concelho e a Tabela 4.15 apresenta os valores de área total vulnerável e das áreas vulneráveis consoante o nível de vulnerabilidade para cada uma das freguesias.

Tabela 4.15. Área vulnerável e percentagem de vulnerabilidade consoante cada nível de vulnerabilidade do IVC para 2100 nas três freguesias (Bunheiro, Murtosa, Torreira) do concelho de Murtosa, com o modelo de nível extremo de maré, SM, sNMM, Setup e para um período de retorno de 100 anos – Cenário Diretiva 2007/60/CE.

Freguesia	Área (m ²)		Alta		Extrema	
	Total da freguesia	Total vulnerável	Área (m ²)	%	Área (m ²)	%
Bunheiro	24792350.2	17606952.1	1669512.1	6.7%	15937440.1	64.3%
Murtosa	1549300.5	11659519.1	33232.7	0.2%	11626286.4	79.9%
Torreira	31460443.1	22571617.4	4100030.1	13.0%	18471587.3	58.7%

A Figura 4.14, mostra em pormenor as três freguesias do concelho da Murtosa e o respetivo IVC. A Figura 4.15 mostra em pormenor a freguesia da Torreira onde existem habitações numa zona com probabilidade de ocorrência do cenário superior a 80%, ou seja, estão numa zona de vulnerabilidade extrema. Por fim, na Figura 4.16 é possível visualizar o mapa de Vulnerabilidade Costeira para Portugal Continental.

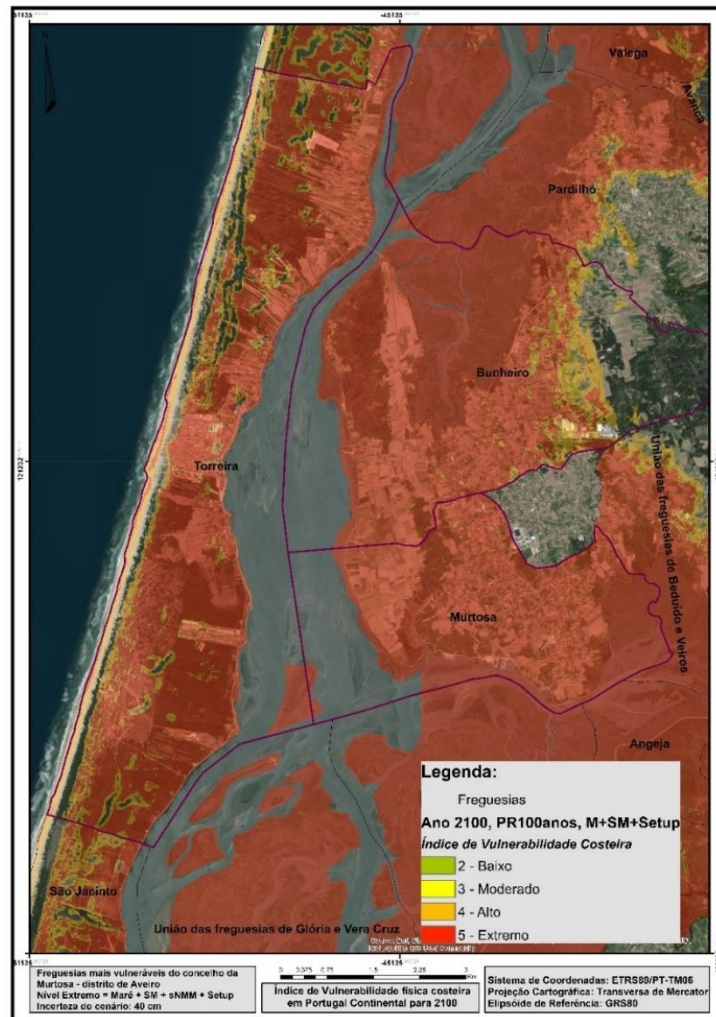


Figura 4.14. Índice de Vulnerabilidade Costeira para as três freguesias (Bunheiro, Murtosa e Torreira) no concelho da Murtosa em 2100, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica com *setup* de agitação marítima para 100 anos de período de retorno – Cenário Diretiva 2007/60/CE.

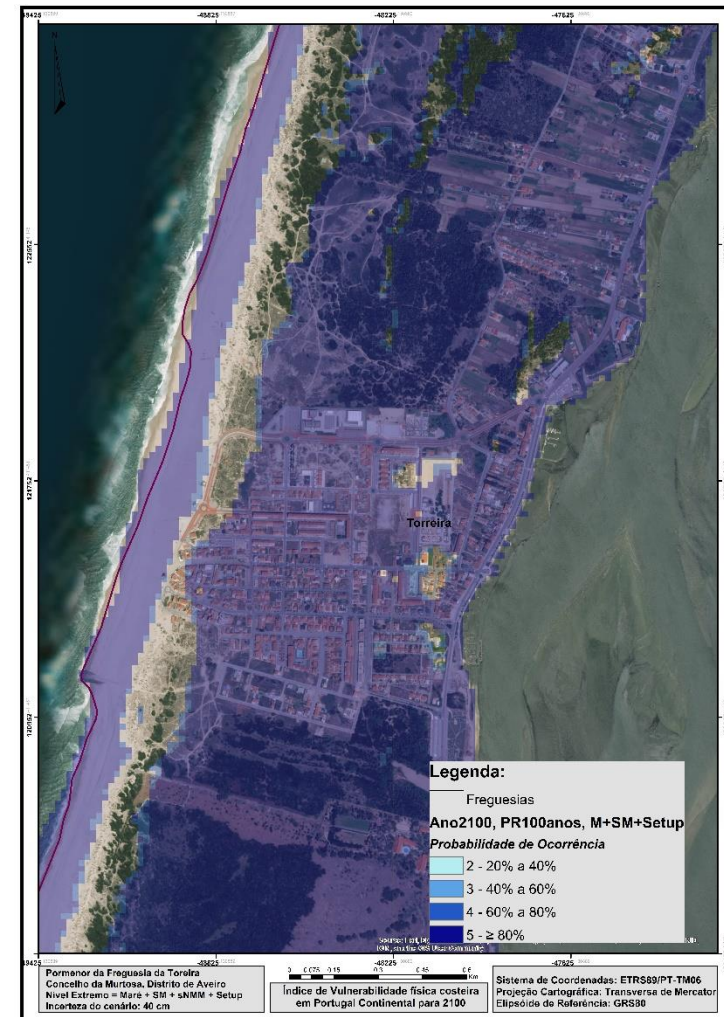


Figura 4.15. Pormenor da freguesia da Torreira com habitações em risco no cenário do nível extremo de maré mais sobrelevação meteorológica com *setup* de agitação marítima para 100 anos de período de retorno cuja probabilidade de ocorrência é superior a 80% – Cenário Diretiva 2007/60/CE.

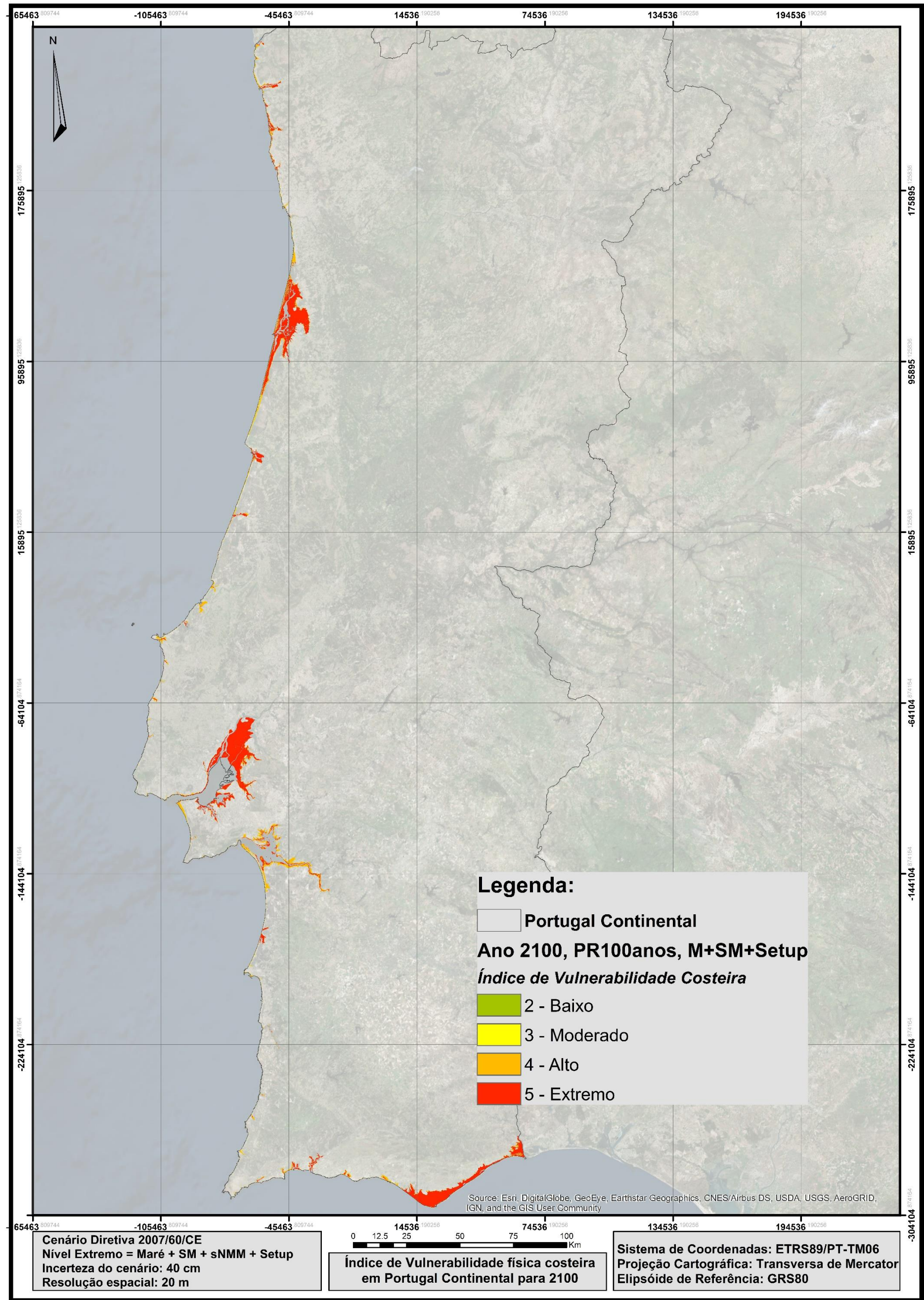


Figura 4.16. Índice de Vulnerabilidade Costeira para Portugal continental em 2100, segundo o modelo de maré mais sobrelevação meteorológica mais *setup* de agitação marítima para 100 anos de período de retorno – Cenário Diretiva 2007/60/CE.

4.2. Recuo da linha de costa para 2100

O recuo da linha de costa para o ano de 2100 foi calculado a partir dos valores de referência de sNMM presentes na Tabela 3.5 – página 40. A estes valores somou-se a incerteza das diferentes componentes, da maré meteorológica, do nível médio do mar, da sobrelevação meteorológica e por fim, do modelo digital de terreno:

$$\sigma_{LinhaCosta} = \sqrt{\sigma_{maré}^2 + \sigma_{NMM}^2 + \sigma_{SM}^2 + \sigma_{MDT}^2} \quad (4.1)$$

Como é possível ver pela Tabela 3.7 – página 41, o desvio padrão da maré é estático, pois depende da precisão do modelo de previsão, enquanto que o do NMM e da SM variam com o horizonte temporal. Às variâncias destas três componentes adicionou-se a variância do modelo digital de terreno, que foi estimado através da sua validação com os VG da rede geodésica (Capítulo 3.4.1 – página 37). Para o desvio padrão final, multiplicou-se o resultado obtido em (4.1) por um fator $k=2$, correspondente a 95% de confiança. Assim, obtém-se os seguintes valores de referências e respetivos mínimos e máximos que a linha de costa pode tomar nos três horizontes temporais:

Tabela 4.16. Valores (em metros) de referência, mínimos e máximos para a linha de costa em 2025, 2050 e 2100.

Zona	2025			2050			2100		
	Ref	Min	Máx	Ref	Min	Máx	Ref	Min	Máx
Norte	2.09	0.96	3.22	2.30	1.15	3.45	3.01	1.64	4.38
Centro	2.00	0.87	3.13	2.21	1.06	3.36	2.92	1.55	4.29
Alentejo	1.98	0.85	3.11	2.19	1.04	3.34	2.90	1.53	4.27
Algarve	1.95	0.82	3.08	2.16	1.01	3.31	2.87	1.50	4.24
Desvio padrão (m)	1.13			1.15			1.37		

Com os valores acima apresentados determinaram-se as curvas de nível com o valor de referência, o valor máximo e o valor mínimo para a zona Centro de modo a exemplificar o recuo da linha de costa nos dois sistemas distintos: estuarino e costeiro.

O método utilizado em SIG mostrou-se de alguma forma deficitário uma vez que através do MDT escolheu-se somente os valores de cota pretendidos (referência, máximo e mínimo) o que gerou falhas nas respetivas curvas de nível, isto é, o presente método procura no MDT as respetivas cotas e caso elas não existam não é capaz de interpolar valores próximos, ocorrendo assim falhas nas curvas de nível (Figura 4.17).

Para resolver esta situação completaram-se manualmente as falhas das curvas de nível de forma a harmonizá-la devido ao rendilhado e que estas apresentavam.

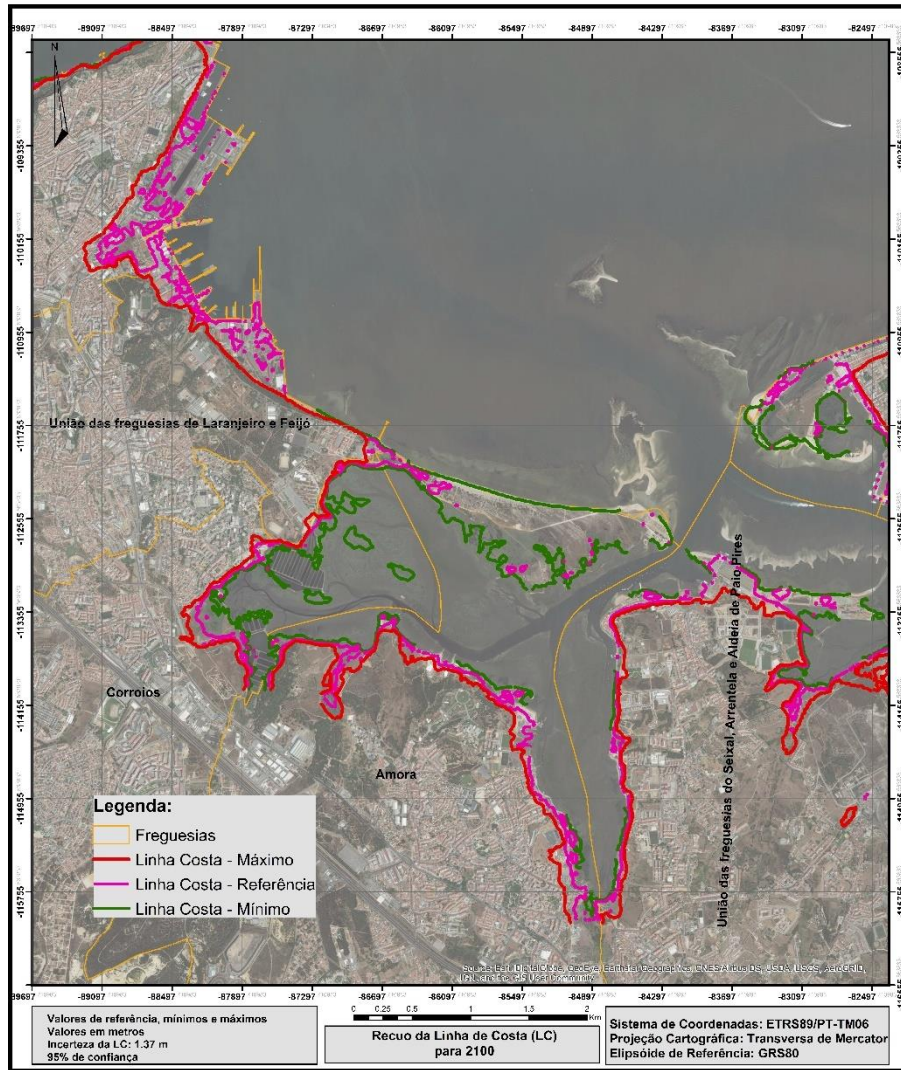


Figura 4.17. Falhas nas curvas de nível referentes à linha de costa para a zona Centro, com valor de referência de 2.92 m, valor mínimo de 1.55 m e valor máximo de 4.29 m.

É de realçar que existem outros métodos para o cálculo do recuo da linha de costa, através de análise multi-temporal de imagens de satélite ou de ortofotos (e.g. Silva *et al.*, 2013) ou ainda através de métodos de cálculo analítico (e.g. Ferreira *et al.*, 1990), mas dada a complexidade destes usou-se somente os valores de referência acima tabelados.

4.2.1. SISTEMA ESTUARINO

O recuo da linha de costa no sistema estuarino é aqui exemplificado através da zona do Seixal – Setúbal. A escolha desta zona teve por base os diferentes episódios de cheias que esta sofreu devido a inundações rápidas junto à Baía do Seixal em altura de marés vivas equinociais máximas, formando lençóis de água na estrada e obrigando a população a tomar medidas de autoproteção.

A Figura 4.18, ilustra as três curvas de nível devidamente tratadas referentes ao valor de referência, mínimo e máximo. É perceptível que para 2100, as estradas e algumas habitações mais próximas do rio estarão fortemente em risco devido ao avanço do mar, sendo necessário tomar medidas de proteção/prevenção.

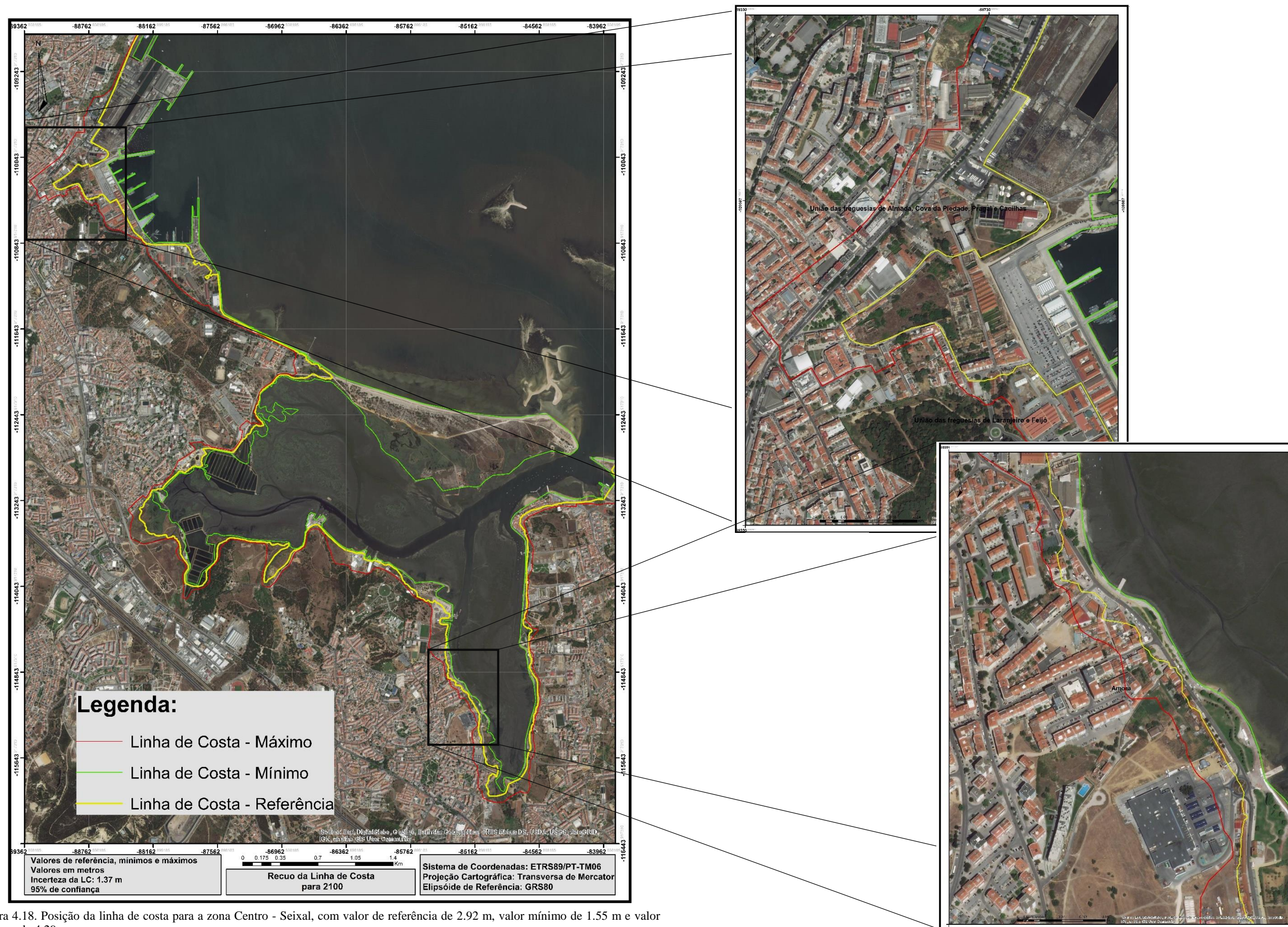


Figura 4.18. Posição da linha de costa para a zona Centro - Seixal, com valor de referência de 2.92 m, valor mínimo de 1.55 m e valor máximo de 4.29 m.

4.2.2. ZONA COSTEIRA

Em alguns pontos do litoral, a sNMM pode levar a que a linha de costa em 2100 recue mais de 100 m, é o caso da Praia de Mira (concelho de Mira, distrito de Coimbra). Esta zona costeira apresenta uma forte pressão urbana e um défice sedimentar, encontrando-se ainda numa zona onde as cotas topográficas são relativamente baixas. A freguesia da Praia de Mira foi ainda identificada como muito vulnerável, onde 32% da sua área é de vulnerabilidade extrema.

A figura seguinte mostra a posição da linha de costa atual e as possíveis linhas de costa no horizonte temporal de 2100:

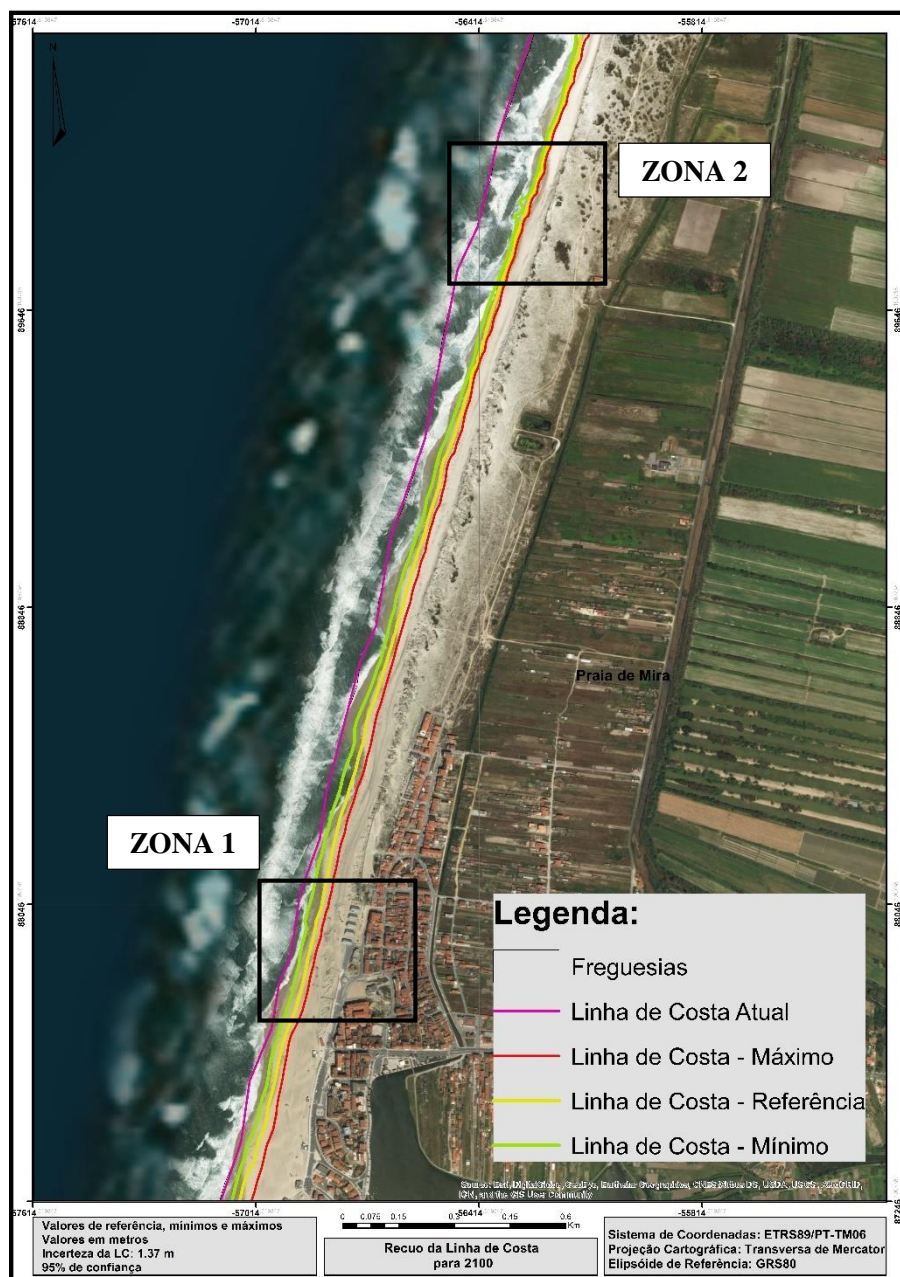




Figura 4.19. Posição da linha de costa para a zona Norte – Praia de Mira, com valor de referência de 3.01 m, valor mínimo de 1.64 m e valor máximo de 4.38 m.

Neste trecho, identificaram-se duas zonas com valores distintos de recuo, numa primeira zona próxima de habitações o valor máximo de recuo é de 70.56 m e numa zona mais afastada a norte o máximo recuo pode chegar aos 148.84 m. A tabela seguinte mostra os valores de recuo para estas duas zonas:

Tabela 4.17. Valores de recuo da Linha de Costa em 2100 para a Praia de Mira

	ZONA 1	ZONA 2
Recuo mínimo	32.84 m	133.62 m
Recuo referência	54.55 m	141.23 m
Recuo máximo	70.56 m	148.84 m
Figura ilustrativa		

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

5.1. Conclusões

Os resultados obtidos na realização deste trabalho de dissertação mostram que com a metodologia e abordagem seguidas é possível caracterizar com rigor a vulnerabilidade costeira, identificar e quantificar as áreas afetadas e, estimar o possível recuo da linha de costa face a cenários pré-estabelecidos de níveis de sobrelevação persistente do nível do mar baseados na projeção da subida do NMM e nos eventos extremos que afetam a costa portuguesa.

O principal objetivo deste estudo centrou-se na elaboração de uma metodologia que permitisse identificar com rigor as áreas do litoral português vulneráveis ao galgamento e inundação costeira em três horizontes temporais (2025, 2050 e 2100) com diferentes cenários de níveis máximos de inundação e galgamento com base na subida do NMM e eventos extremos com diferentes períodos de retorno. Assim, do trabalho realizado é possível retirar as seguintes conclusões:

- O uso de fontes de informação com a qualidade exigível neste tipo de projetos mostrou-se um dos fatores mais desafiantes ao longo de todo o trabalho uma vez que o que está disponível, grátis e acessível, apresenta uma qualidade posicional reduzida devido à sua escala. Foi por isso necessário realizar inúmeros processos de transformação/digitalização em algumas fontes de informação, de modo a ser viável a sua utilização.
- Não havendo em Portugal nenhum estudo semelhante para o cálculo de um modelo global de Vulnerabilidade física Costeira, houve a necessidade de recorrer à literatura descrita ao longo da dissertação de modo a conseguir adaptar os modelos locais/regionais existentes. Considerando assim, a metodologia sugerida nesta dissertação adequada para o contributo da identificação de vulnerabilidades costeiras e como suporte a tomadas de decisão para processos que envolvam a gestão e ordenamento do território em zonas expostas às ações energéticas do mar. Permitindo, através de uma metodologia simples, robusta (apresentando os parâmetros aceites pela maioria da comunidade científica) e de fácil implementação e uma vez que é baseada em critérios bem definidos, pode ser uma forma objetiva de classificar o território costeiro às ações energéticas do mar, auxiliando a tomada de decisão, na gestão e planeamento das zonas costeiras. Esta é ainda independente de qualquer software utilizado nesta dissertação.
- Tendo em conta todas as limitações inerentes a este tipo de proposta de metodologia, a utilização da técnica multi-atributo AHP combinada com a visualização e tratamento de todos os parâmetros presentes no IVC em Sistemas de Informação Geográfica, permite uma melhor interpretação dos problemas auxiliando os gestores de território à tomada de decisão.

- Desta abordagem definiram-se os cenários de forçamento costeiro como tendo 34% de ponderação no IVC, sendo este parâmetro o de maior importância. Outro resultado não poderia ser de esperar uma vez que é sobre este que é calculado o IVC, ou seja, como este parâmetro é dado por probabilidades de ocorrência, se uma dada zona do litoral não tiver qualquer probabilidade de ocorrência de inundação ou galgamento costeiro não faz sentido calcular a sua vulnerabilidade.

Para a produção da cartografia de vulnerabilidade física costeira de Portugal Continental foi necessário seleccionar seis parâmetros de vulnerabilidade física: a rede hidrográfica, a distância à linha de costa, o tipo de costa, a geomorfologia, a geologia e o uso do solo. Cada parâmetro foi classificado numa escala de 1 a 5, sendo 5 o nível mais alto e 1 o mais baixo. Assim, foi elaborada a cartografia de vulnerabilidade física costeira para Portugal Continental para os três horizontes temporais e, para cada um dos modelos de maré com projecção de sNMM, foi identificada e classificada as zonas de maior vulnerabilidade:

- Para o ano de 2025 com um modelo de nível extremo de maré+SM+sNMM com 10 anos de período de retorno, 8.2% da área do litoral estará vulnerável à inundação e galgamento costeiro, traduzindo-se em 120152 residentes, sendo que 6.7% está classificada como de extrema vulnerabilidade. O concelho de Albergaria-a-Velha, do distrito de Aveiro foi o que se mostrou mais vulnerável com 61.1% da sua área afetada, onde 55.7% apresenta um IVC extremo, 5.2% um IVC Alto, 0.1% um IVC Moderado e tem 251 residentes nestas áreas vulneráveis. Tendo em conta, o período de retorno de 100 anos exigido pela Diretiva 200/60/CE, 7.5% da área total do estudo está vulnerável, onde 5.6% está classificada como tendo um índice de vulnerabilidade extremo. O concelho de Vila Franca de Xira foi o que se mostrou mais vulnerável, 53.8%, onde 47.8% apresenta um IVC extremo e 6.0% um IVC Alto, existindo 2506 pessoas residentes nestas áreas.
- Em 2050, 2025 com o mesmo modelo de nível extremo, mas com 20 anos de período de retorno, o litoral vê aumentar a sua área vulnerável para 9.052%, onde 6.3% é de vulnerabilidade extrema. O concelho de Albergaria-a-Velha é novamente o mais vulnerável, aumentando 2.7% de área vulnerável face ao ano de 2025. Para o cenário da Diretiva, existe também um aumento da área do litoral vulnerável para 8.0%, sendo que 6.6% foi classificada como de vulnerabilidade extrema. Novamente, o concelho de Vila Franca de Xira foi o que se mostrou com uma maior percentagem de área vulnerável, 56.2, um aumento de 2.4% em relação a 2025.
- Para 2100, o modelo de nível extremo utilizado acresceu do *setup* de agitação marítima para o cenário da Diretiva 2007/60/CE, tornando assim o cenário mais preocupante. Com um período de retorno de 50 anos da projecção de Antunes [2016], a área total vulnerável para o litoral subiu para 11.0%. Albergaria-a-Velha é novamente o concelho com maior percentagem de vulnerabilidade, 67.9%. Para o mesmo modelo de nível extremo mas com 100 anos de período de retorno teremos 13.4% da zona costeira vulnerável. O concelho da Murtosa em Aveiro foi o que se mostrou mais vulnerável, 73.2%, onde 65.0% é classificada como tendo vulnerabilidade extrema.

O recuo da linha de costa para o ano de 2100 foi calculado a partir dos valores de referência de sNMM tendo em conta os valores de incerteza das diferentes componentes: maré meteorológica, nível médio do mar, sobrelevação meteorológica e por fim, do modelo digital de terreno. Selecionou-se duas áreas distintas, um estuário e uma zona de praia.

- O recuo da linha de costa no sistema estuarino foi exemplificado através da zona do Seixal, sendo perceptível que as estradas e algumas habitações mais próximas do rio estão fortemente em risco ao avanço do mar, o que exigirá a tomada de medidas de proteção e prevenção.

- A zona de praia escolhida, foi a da Praia de Mira, onde foram identificadas duas zonas com valores distintos de recuo, numa primeira zona próxima de habitações o valor máximo de recuo é de 70.6 m e numa zona mais afastada a norte o máximo recuo pode chegar aos 148.8 m.

Concluindo, os resultados obtidos com este estudo reforçam que é necessário repensar a gestão costeira de Portugal Continental para a redução dos riscos potenciais decorrentes da subida do nível médio do mar. Podem ser consideradas duas possibilidades: a redução da vulnerabilidade das zonas mais vulneráveis através de intervenções antrópicas de contenção de erosão, como estruturas de engenharia ou adição de sedimentos e vegetação; ou a retirada planeada das instalações antrópicas localizadas nas zonas mais vulneráveis. Se qual for a estratégia a adotar, esta deve ser alvo de um estudo minucioso e criterioso.

5.2. Recomendações Futuras

Algumas perspetivas futuras podem ser levantadas com base neste trabalho, uma vez que ainda muito existe por fazer e como foi dito anteriormente, qualquer que seja a estratégia que venha a ser adotada terão de ser realizados mais estudos de pormenor em cada umas das zonas identificadas com vulnerabilidade alta e extrema. Assim, destacam-se as seguintes recomendações:

- Aplicar e testar a metodologia num Modelo Digital de Terreno com uma resolução espacial melhor e confrontar os resultados obtidos com os que aqui são apresentados. Serão os resultados muito diferentes caso se utilize um MDT com melhor resolução?
- Para as zonas consideradas de maior vulnerabilidade, aplicar modelos de vulnerabilidade socioeconómica, onde alguns dos parâmetros aqui descritos no capítulo 2.1.2 podem ser considerados, criando uma abordagem multi-escala, ou seja, um índice com diferentes níveis de resolução espacial: regional e local.
- Implementar as taxas de recuo/acreção da linha de costa ao modelo de vulnerabilidade, ou incluir modelação morfodinâmica, tornando-o assim, num modelo dinâmico e não estático.
- Incorporar dados LiDAR na batimetria junto da costa, tornando possível para cada modelo local de vulnerabilidade incorporar os declives de praia e incluir o *Runup* total como parâmetro de forçamento costeiro.
- Incorporar as estruturas de proteção junto da costa no modelo de vulnerabilidade.
- Formar uma base de dados, com os níveis de informação geográfica e dados de referência para o impacte nas dimensões económicas, social e ambiental, conseguindo desta forma classificar o risco em cada zona vulnerável.
- Desenvolver e estreitar a cooperação com as entidades responsáveis pela gestão e ordenamento costeiro e as entidades que produzem toda a informação de base necessária a este tipo de projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abuodha, P. A. O. and C. D. Woodroffe (2010). "Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia". *Journal of Coastal Conservation*, Vol. 14:3, pp. 189-205.
- Andrade, C., M.C. Freitas, C. Cachado, A.C. Cardoso, J.H. Monteiro, P. Brito, L. Rebelo, Coastal Zones, In: Santos, F. D., K. Forbes e R. Moita (Eds) (2002). "Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project". *Gradiva*, Lisboa, Portugal, pp. 175-219.
- Andrade, C., H. Pires, P. Silva, R. Taborda e M.C. Freitas, Zonas Costeiras, In: Santos, F.D. e P Miranda (Eds) (2006). "Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactes e Medidas de Adaptação – SIAM II", *Gradiva*, Lisboa, Portugal, pp. 169-206.
- ANPC (2010). "Riscos Costeiros – Estratégias de prevenção, mitigação e protecção, no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território". *Cadernos Técnicos PROCIV*, nº15, Portugal, p. 156.
- Antunes, C. (2007). Previsão de Marés dos Portos Principais de Portugal URL: http://webpages.fc.ul.pt/~cmantunes/hidrografia/hidro_mares.html (consultado em 2016.07.07)
- Antunes, C. and R. Taborda (2009). "Sea level at Cascais Tide Gauge: Data, Analysis and Results". *Journal of Coastal Research*, SI 56 (Proceedings of the 10th International Coastal Symposium), pp. 218-222.
- Antunes, C. (2011). "Variação atual do NMM em Cascais". *Atas da VII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia – CNCG2011*, Porto, pp. 358-365.
- Antunes, C. (2012). "Implicação da subida do NMM na necessidade de revisão dos sistemas de referência verticais". *Actas do 3º Encontro Nacional de Geodesia Aplicada*, LNEC, 18 e 19 de Outubro, Lisboa, pp. 13-18.
- Antunes, C. (2014). "Eventos extremos e a variação do nível do mar". *Atas das 3^{as} Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, Lisboa, pp. 33-36.
- Antunes, C. (2016). "Subida do Nível Médio do Mar em Cascais, revisão da taxa actual". *Atas das 4^{as} Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, Lisboa, pp. 163-166.
- APA (2016). SINIAmb - Sistema Nacional de Informação de Ambiente.
URL: <http://sniamb.apambiente.pt/Home/Default.htm>

- Ayalew, L., H. Yamagishi, H. Marui, and T. Kanno (2005). "Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications". *Engineering Geology*, Vol.81:4, pp. 432-445.
- Barzilai, J. (2010). "Preference Function Modelling: The Mathematical Foundations of Decision Theory". In: Ehrgott, M., J. R. Figueira and S. Greco (Eds.) *Trends in Multiple Criteria Decision Analysis*, Springer, pp. 57-86.
- Boruff, B., C. Emrich, S. Cutter (2005). "Erosion Hazard Vulnerability of US Coastal Counties". *Journal of Coastal Research*, Vol. 21:5, pp. 932-942.
- Canaveira, P. e R. Papudo (2013). Zonas Costeiras In: "Relatório de Progresso da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas – Relatório Integrado". *Agência Portuguesa do Ambiente*, Amadora, Portugal, pp. 191-212.
- Cardona, F. (2015). "Avaliação do risco de erosão, galgamento e inundação costeira em áreas artificiais de Portugal continental. Estratégias de adaptação face a diferentes cenários de risco (relocalização, acomodação e proteção)". Dissertação de Mestrado, Texto não Publicado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, p. 206. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/16198>
- Chen, Y.-R., C.-H. Yeh and B. Yu (2011). "Integrated application of the analytic hierarchy process and the geographic information system for flood risk assessment and flood plain management in Taiwan". *Natural Hazards*, Vol. 59:3, pp. 1261-1276.
- Coelho, C. (2005). "Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira". Dissertação de Doutoramento, Texto não Publicado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, p. 440. Disponível em: <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/2405/1/2005001720.pdf>
- Coelho, C., M. Cabarrão e F. Veloso-Gomes. (2006a). "Aplicação de uma classificação de vulnerabilidades às zonas costeiras do noroeste português". *8º Congresso da Água*, APRH, p. 12.
- Coelho, C., R. Silva, F. Veloso-Gomes e F. Taveira Pinto (2006b). "Avaliação de Riscos. Modelos de previsão da evolução da configuração costeira". *1ª Jornadas de Hidráulica Recursos Hídricos e Ambiente*, FEUP, pp. 17-25.
- Direção Geral do Território (2016). Url: http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/modelos_digitais_do_terreno_e_de_superficie/zonas_costeiras/ (Acedido a 30 outubro 2016)
- Dias, J. e R. Taborda (1988). "Evolução Recente do nível médio do mar em Portugal". *Anais do Instituto Hidrográfico*, 9, Lisboa, pp. 83-97
- Dias, J. and R. Taborda (1992). "Tidal gauge data in deducing secular trends of relative sea level and crustal movements in Portugal". *Journal of Coastal Research*, pp. 655-659.
- Doukakis, E. (2005). "Coastal Vulnerability and Risks Parameters". *European Water Publications*, 11/12, pp. 3-7.
- Ferreira, Ó., J. A. Dias and R. Taborda (1990). "Sea-level rise, sediment input and shoreline retreat: the case of Aveiro – Cabo Mondego (Portugal)". *Symposium Littoral 1990*, Marseille, pp. 314-318.

- Gama, C., J. Dias, O. Ferreira and R. Taborda (1994a). "Analysis of storm surge in Portugal between June 1996 and May 1988". *Proceedings Litoral'94*, EUROCOAST, Lisboa, Portugal, pp. 381-387.
- Gama, C., R. Taborda, J. Dias and O. Ferreira (1994b). "Return Periods of Extreme Sea Levels in Portugal". *Proceedings 1st Symposium on the Iberian Atlantic Continental Margin*, Vol. 1, pp. 59-67.
- Gama, C., R. Taborda e J. Dias (1995). "Fatores Condicionantes da Sobrelevação do Nível do Mar de Origem Meteorológica na Estação Maregráfica de Viana do Castelo, *Memória n. 4*, Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal, pp. 189-193.
- Gama, C. (1996). "Caracterização do Fenómeno da Sobrelevação do Nível do Mar de Origem Meteorológica em Portugal Continental. Efeito Amplificador deste Fenómeno sobre as Variações Volumétricas de sedimentos nas praias da Comporta, S. Torpes, Odeceixe e Arrifana". Dissertação de Mestrado, Texto não Publicado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Gama, C., R. Taborda e J. Dias (1997). "Sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica (storm surge) em Portugal Continental". *Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal*, Porto, pp. 131-149.
- Gornitz, V., T.W. White, R.M. Cushman (1990). "Vulnerability of the U.S. to future sea level rise". *Conference: 7^o symposium on coastal and ocean management*, Long Beach, USA, p. 15
- Gornitz, V. M., R. C. Daniels, T. W. White and K. R Birdwell (1994). "The development of a coastal risk assessment database: vulnerability to sea-level rise in the U.S. Southeast". *Coastal Hazards: Perception, susceptibility and mitigation*, n12, pp. 327-338.
- Gorsevski P. V., P. E. Gessler, J. Boll, W. J. Elliot and R. B. Foltz (2006). "Spatially and temporally distributed modeling for landslide susceptibility". *Geomorphology*, Vol. 80, pp. 178-198.
- Heiskanen W.A. and H. Moritz. (1967). "Physical Geodesy". *W.H. Freeman and Company*, San Francisco, USA, p. 364.
- Höhle, J. and M. Höhle (2009). "Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, n64, pp. 398-406.
- IGP (2010). "Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 – Memória descritiva". *Instituto Geográfico Português*, Portugal, p. 87.
- Instituto Hidrográfico (2006). "Roteiro da Costa de Portugal Continental – do Cabo Carvoeiro ao Cabo de São Vicente", 3ª edição, Lisboa, Portugal, p. 462.
- Instituto Hidrográfico (2016). URL: <http://www.hidrografico.pt/ciencia-marinha-pagina-inicial.php>. (Acedido a 30 de outubro de 2016)
- IPCC (1990). Coastal Zone Management. In: "Climate Change, The IPCC Response Strategies – Working Group III", *World Meteorological Organization/ United Nations Environment Program*, pp. 133-159.
- IPCC (2013). "Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change" [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M.

- Midgley (eds.)). *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1535.
- IPCC (2014). Annex II: Glossary [Agard, J., E.L.F. Schipper, J. Birkmann, M. Campos, C. Dubeux, Y. Nojiri, L. Olsson, B. Osman-Elasha, M. Pelling, M.J. Prather, M.G. Rivera-Ferre, O.C. Ruppel, A. Sallenger, K.R. Smith, A.L. St. Clair, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, and T.E. Bilir (eds.)]. In: “Climate Change 2014, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change” [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)], *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1757-1776.
- Le Cozannet, G., M. Garcin, T. Bulteau, C. Mirgon, M. L. Yates, M. Méndez, A. Baills, D. Idier, and C. Oliveros (2013). “An AHP – derived method for mapping the physical vulnerability of coastal areas at regional scales”. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol.13, pp. 1209-1227.
- Levitus, S., J.I. Antonov, T. P. Boyer, O. K. Baranova, H. E. Garcia, R. A. Locarnini, A. V. Mishonov, J. R. Reagan, D. Seidov, E. S. Yarosh, and M. M. Zweng (2012). “World ocean heat content and thermosteric sea level change (0–2000 m), 1955–2010”. *Geophysical Research Letters*, Vol.39, L10603, p. 31.
- Marcy, D., N. Herold, K. Waters, NOAA Coastal Services Center; W. Brooks, B. Hadley, M. Pendleton, K. Schmid, M. Sutherland, I.M. Systems Group; K. Dragonov, J. McCombs, S. Ryan, The Baldwin Group (2011). “New Mapping Tool and Techniques for Visualizing Sea Level Rise and Coastal Flooding Impacts”. *NOAA Coastal Services Center*, South California, p. 20.
- Matos, J. (2008). “Fundamentos de Informação Geográfica”. *Ed. LIDEL – Edições Técnicas*, 5ª edição, Lisboa, p. 405.
- McLaughlin, S., J. McKenna and J.A.G. Cooper (2002). “Socio-economic data in coastal vulnerability indices: constraints and opportunities”. *Journal of Coastal Research*, No. 36, pp. 487-497.
- McLaughlin, S. and J.A.G. Cooper (2011). “A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers?”. *Environmental Hazards*, 9:3, pp. 233-248.
- Nguyen M. D., M. S. Babel, H. T. Luong (2011). “Evaluation of flood risk parameters in the Day River Flood Diversion Area, Red River Delta, Vietnam”. *Natural Hazards*, Vol. 56, pp. 169-194.
- Nicholls, R.J., P.P. Wong, V.R. Burkett, J.O. Codignotto, J.E. Hay, R.F. McLean, S. Ragoonaden and C.D. Woodroffe (2007). Coastal systems and low-lying areas. In: “Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change” [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds.)], *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom, pp. 315-356.
- Nicholls, R.J., J. Richards, F. Bosello and R. Roson (2009). “Climate change impacts in Europe. Final report of the PESETA research project” [J.C. Ciscar (editor)], Joint Research Centre-Institute for Prospective Technological Studies, European Commission, Spain, p. 116
- Nunes, P. (2015). “Sistema especial de apoio à seleção de locais de abrigo para petroleiros acidentados ou em risco”. Dissertação Mestrado, Texto não Publicado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, p. 232.

- Oliveira, M. (2013). “Retirada planeada de áreas edificadas em zonas costeiras de elevado risco”. Dissertação Mestrado, Texto não Publicado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, p. 194.
- Pal, I., S. K. Nath, K. Shukla, D. K. Pal, A. Raj, K.K.S. Thingbaijam and B. K. Bansal (2008). “Earthquake hazard zonation of Sikkim Himalaya using a GIS platform”. *Natural Hazards*, Vol. 45:3, pp. 333-377.
- Pereira, C. e C. Coelho (2013). “Mapas de Risco das Zonas Costeiras por Efeito da Ação Energética do Mar”. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, Vol. 13:1, pp. 27-43.
- Kovats, R.S., R. Valentini, L.M. Bouwer, E. Georgopoulou, D. Jacob, E. Martin, M. Rounsevell and J.-F. Soussana. (2014). Europe. In: “Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change” [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea and L.L. White (eds.)]. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, pp. 1267-1326.
- Redweik, P. (2015). “Produção Cartográfica” *Apontamentos das aulas de Produção Cartográfica*, texto não publicado, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, FCUL, Lisboa.
- Saaty, R.W. (1987). “The Analytic Hierarchy Process – What it is and how it is used”. *Math Modelling*, Vol.9, Nº3-5 pp. 161-176.
- Santos, F., A.M. Lopes, G. Moniz, L. Ramos e R. Taborda (2014). “Gestão da Zona Costeira – O Desafio da Mudança – Sumário Executivo e Recomendações”. *Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral*, p. 27.
- Santos, M., V. Amaro, A. Ferreira, A. Barboza, M. Figueiredo, A. Araújo (2015). “Metodologia para mapeamento de vulnerabilidade costeira à elevação do nível médio do mar (NMM) em escala local”. *Boletim de Ciências Geodésicas*, vol. 21, nº5, pp. 691-705.
- Shaw, J., R.B. Taylor, D.L. Forbes, M.-H. Ruz and S. Solomon (1998). “Sensitivity of the coasts of Canada to sea-level rise”. *Geological Survey of Canada*, 505, p. 90.
- Silva, A., E. Freire e G. Crisóstomo (2008). “Variações do nível médio anual do mar em Cascais: Características e Tendências”. *Estudos do Quaternário*, 5, APEQ, Porto, pp. 51-66.
- Silva, A., C. Lira, R. Matildes, C. Andrade, R. Taborda e M.C. Freitas (2013). “Utilização de ortofotomapas e fotografias aéreas para a delimitação da linha de costa”. Relatório do Entregável 1.2.2.2.c, *Consultoria para a Criação e Implementação de um Sistema de Monitorização do Litoral abrangido pela área de Jurisdição da ARH do Tejo*, Lisboa, p. 59.
- Sluiter, R. (2009). “Interpolation methods for climate data – literature review”. Koyal Netherlands Meteorological Institute, *R&D Information and Observation Technology*, De Bilt, Netherlands, p. 28.
- Soares da Silva, A.M. (1983). “Carta Litológica – Notícia Explicativa I.13” *Atlas do Ambiente*, Comissão Nacional do Ambiente, Estação Agronómica Nacional, Lisboa, p. 21.
- Titus, J.G. (1986). “Greenhouse effect, sea level rise, and coastal zone management”. *Coastal Zone Management Journal*, vol.14:3, pp. 147-171.

- Veloso-Gomes, F., A. Barroco, A. P. Pereira, C. Reis, H. Calado, J. Ferreira, M. Freitas e M. Biscoito (2007). “Bases para a estratégia de gestão integrada da zona costeira nacional”. *Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional*. p. 112.
- Veloso-Gomes, F., M. Oliveira (2013). “Retirada Planeada de Áreas Edificadas em Zonas Costeiras em Risco”. *11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Expressão Portuguesa, VII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*, Maputo, Moçambique, p. 13.
- Vieira, R., C. Antunes e R. Taborda. (2012). “Caracterização da sobrelevação meteorológica em Cascais nos últimos 50 anos”. *Atas das 2^{as} Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, Lisboa, pp. 175-178.
- Yin, J., Z. Yin, J. Wang and S. Xu. (2012). “National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise for the Chinese coast”. *Journal of Coastal Conservation*, Vol.16:1, pp. 123-133.

ANEXOS

A. CÓDIGO FRONTRAN95 PARA O CÁLCULO DO MDT E ÁREAS GEOGRÁFICAS

i. CÓDIGO DE REAMOSTRAGEM DO MDT DE 2M PARA 20M

```

Implicit real*8 (A-H,O-Z)
CHARACTER*40 F0, F2, F3

OPEN(1, FILE='IndiceFiles_MDT2m_2008a.TXT', STATUS='OLD')
ieof=1

DO WHILE (IEOF.EQ. 1)
  READ (1,*,END=10) F0
  F2='MDT_2m_Orto\ '//F0
  OPEN(2, FILE=F2, STATUS='OLD')
  F3='MDT20m_2008_Orto\ '//F0
  OPEN(3, FILE=F3, STATUS='UNKNOWN')
  DO WHILE (IEOF.EQ.1)
    DO I=1,80
      READ (2,*,END=20) X,Y,Z
      READ (2, '(8/)' )
      IF (Z.GE.0.D0 .AND. Z.LT.99999 D0) THEN
        WRITE(3, '(3F13.2)') X,Y,Z
      ENDIF
    ENDDO
    READ (2,*,END=20) X,Y,Z
    IF (Z.GE.0.D0 .AND. Z.LT.99999 D0) THEN
      WRITE(3, '(3F13.2)') X,Y,Z
    ENDIF
    DO J=1,9
      DO K=1,801
        READ(2,*,END=20)
      ENDDO
    ENDDO
    CLOSE (2)
    CLOSE (3)
  ENDDO
10 CLOSE(1)
END

```

ii. CÓDIGO DE JUNÇÃO DAS ÁREAS GEOGRÁFICAS PARA O CÁLCULO DOS CENÁRIOS DE FORÇAMENTO COSTEIRO

```

Implicit real*8 (A-H,O-Z)
CHARACTER*40 F0, F2, F3

OPEN(1, FILE='IndiceFiles_MDT20m_2008Sul.TXT', STATUS='OLD')
F3='MDT20m_2008_Sul_A2b.XYZ'
OPEN(3, FILE=F3, STATUS='UNKNOWN')

ieof=1

DO WHILE (IEOF.EQ. 1)
  READ (1,*,END=10) F0
  F2='MDT20m_2008_TODOS\ '//F0
  OPEN(2, FILE=F2, STATUS='OLD')
  DO WHILE (IEOF.EQ.1)
    READ (2,*,END=20) X,Y,Z
    IF (Z.GT.0.D0 .AND. Z.LE.2000.0) THEN
      WRITE(3, '(3F13.2)') X,Y,Z
    ENDIF
  ENDDO
  CLOSE (2)
ENDDO
10 CLOSE(1)
CLOSE (3)
END

```


B. TABELA DE VALIDAÇÃO DO MDT COM OS VÉRTICES GEODÉSICOS PORTUGUESES

OBJECTID	VÉRTICE GEODÉSICO	H BASE (m)	VALOR NO MDT (m)	ERRO MÉDIO (m)
1	CAMINHA	6.43	6.92	0.49
2	GORITO	157.70	155.39	-2.31
3	PONTE DE LIMA	10.29	7.20	-3.09
4	AMOROSA	10.37	9.88	-0.49
5	ESPOSENDE	3.75	3.80	0.05
6	MAR	12.47	12.68	0.21
7	AGUÇADOURA	11.57	11.33	-0.24
8	MINDELO	32.24	31.35	-0.89
9	PÓVOA DO VARZIM	4.26	4.48	0.22
10	AEROPORTO	68.86	69.10	0.24
11	ANGEIRAS	49.98	50.52	0.54
12	DOMINICANOS	58.11	58.35	0.24
13	FAROL DE LEÇA	16.06	16.39	0.33
14	PALÁCIO DOS DESPORTOS	81.98	78.47	-3.51
15	AVEIRO	4.14	4.45	0.31
16	AVEIRO 1	17.62	17.25	-0.37
17	AVEIRO 1-P	17.62	17.25	-0.37
18	GAFANHA	4.66	4.71	0.05
19	ÍLHAVO	10.21	9.88	-0.33
20	MARINHA VELHA	6.17	5.51	-0.66
21	MURANZEL	2.72	2.45	-0.27
22	ALQUEIDÃO	36.35	36.53	0.18
23	ALQUEIDÃO-PN	36.35	36.53	0.18
24	ALQUEIDÃO-PS	36.35	36.53	0.18
25	QUINTA DO CANAL	3.28	2.24	-1.04
26	BERLENGA	89.54	88.63	-0.91
27	PENICHE	32.29	32.25	-0.04
28	PENICHE-PNE	32.29	32.25	-0.04
29	BOURO	161.63	161.11	-0.52
30	CABEÇA GORDA 1	87.95	85.39	-2.56
31	ALAGOA	150.98	150.16	-0.82
32	CASALINHO	87.85	87.42	-0.43
33	POÇO	66.61	65.92	-0.69
34	RIBAMAR	114.88	114.38	-0.50
35	CORTE NOVA	3.66	2.58	-1.08
36	ESPADANAL	2.01	1.99	-0.02
37	FONTE BELA	6.62	5.68	-0.94
38	PRAIAS	9.77	9.56	-0.21
39	ALQUEIDÃO	4.38	3.52	-0.86
40	BELO	8.70	7.39	-1.31
41	CASA BRANCA	5.86	4.98	-0.88
42	CERRADO	12.85	10.90	-1.95
43	PALMEIRA	4.94	4.76	-0.18
44	SALVATERRA	13.99	12.02	-1.97
45	VALADA	6.00	5.84	-0.16
46	ASSAFORA	117.50	116.87	-0.63
47	CABECINHO DE PIANOS	118.73	118.79	0.06
48	ROCA	140.85	141.14	0.29
49	VIGIA DE COLARES	42.04	42.30	0.26
50	ALCAMÉ	2.17	1.37	-0.80
51	ALCAMÉ-P	2.17	1.41	-0.76
52	ESTEIRO DO BACALHAU	2.17	1.97	-0.20
53	EXTREMO N	1.18	3.84	2.66
54	MALHADA DO MAR	5.16	3.14	-2.02
55	MORRACEIRA	1.58	0.82	-0.76
56	QUEIMA	3.08	1.80	-1.28
57	SAMORA	10.11	9.20	-0.91
58	SAMORA CORREIA	9.18	8.60	-0.58
59	SANTO ISIDRO	10.92	9.56	-1.36
60	SÃO JOSÉ DAS LEZIRIAS	3.22	2.23	-0.99
61	GUIA	31.35	31.53	0.18
62	AEROMAR	3.63	3.43	-0.20
63	ALHOS VEDROS 2	9.25	9.74	0.49
64	ALTO DA PAIVA	34.75	34.89	0.14
65	BARROCA	3.71	1.85	-1.86

66	BATEL	43.31	43.03	-0.28
67	BATEL 1	42.30	42.54	0.24
68	BRAGA	28.66	26.84	-1.82
69	MONTIJO 1	15.30	15.32	0.02
70	MORRAÇA	3.32	2.42	-0.90
71	SAMOUÇO 1	8.43	8.44	0.01
72	SAMOUÇO 2	10.31	10.41	0.10
73	SARILHOS	10.86	10.77	-0.09
74	BELCHIOR	46.64	45.24	-1.40
75	CABEÇO ALTO	23.97	23.61	-0.36
76	CALÇÃO	66.73	66.33	-0.40
77	CONTADOR	76.30	75.71	-0.59
78	ESCOLA	33.14	32.95	-0.19
79	FORMIGA	55.23	54.56	-0.67
80	JANELA	76.33	74.66	-1.67
81	MALHADA ALTA	50.83	50.89	0.06
82	MIGALHAS	53.65	53.20	-0.45
83	PINHÃO	55.05	54.98	-0.07
84	PULGAS	55.44	55.75	0.31
85	RUIVOS	52.44	51.96	-0.48
86	ALAGOIÇAS	36.72	35.92	-0.80
87	ALPENDURADAS	90.93	90.86	-0.07
88	BURRA	67.17	66.25	-0.92
89	CANHA	61.56	61.33	-0.23
90	ESTEVEIRA	39.24	39.05	-0.19
91	LAGOA SECA	60.60	59.17	-1.43
92	MALHADA DE MEIAS	34.77	34.45	-0.32
93	MILHANOS	61.82	61.87	0.05
94	PASSARINHAS	53.64	53.26	-0.38
95	PEDREGULHO	83.07	81.91	-1.16
96	PEDRÓGÃO	50.28	48.83	-1.45
97	PESSEGUEIRO	92.01	89.93	-2.08
98	TAIPADAS	67.71	67.77	0.06
99	TATÁ	40.36	37.96	-2.40
100	TRAPO	64.38	64.19	-0.19
101	ESPICHEL	136.58	136.18	-0.40
102	NICO	162.85	163.01	0.16
103	VÁRZEA	44.20	43.88	-0.32
104	CAMBADO	24.24	24.00	-0.24
105	COVA	35.24	35.29	0.05
106	VIGIA	22.13	22.26	0.13
107	SINES 1	41.06	39.79	-1.27
108	CANICEIRA	50.00	49.40	-0.60
109	LAGOA TINTA	57.89	53.97	-3.92
110	MOITA	58.51	58.13	-0.38
111	POUSADAS	53.68	53.22	-0.46
112	QUEIMADA	72.19	71.96	-0.23
113	FAROL DO SARDÃO	50.51	50.01	-0.50
114	TOURIL	69.59	68.98	-0.61
115	MALHADAS	158.44	158.30	-0.14
116	MESQUITA	114.80	114.68	-0.12
117	AZENHA	69.46	68.07	-1.39
118	FONTAINHAS	49.59	49.41	-0.18
119	VILA REAL DE SANTO ANTÓNIO	5.69	5.03	-0.66
120	TORRE DE ASPA-PE	156.49	155.70	-0.79
121	AMOREIRA	45.17	43.20	-1.97
122	DELGADAS	48.25	47.67	-0.58
123	MONTE LEMOS	98.02	97.78	-0.24
124	ALPORCHINHOS	62.15	61.87	-0.28
125	JOINAL	53.31	52.66	-0.65
126	PIAS	84.72	84.76	0.04
127	ALTO DE RODES	41.47	40.94	-0.53
128	ARMONA	4.04	2.88	-1.16
129	CORGO DA ZORRA	47.70	47.53	-0.17
130	GONDRA	25.64	24.16	-1.48
131	SANTA MARIA	3.25	3.01	-0.24
132	SANTO ANTÓNIO	45.31	44.68	-0.63
133	TORRE	62.92	61.91	-1.01
134	ARRAIAL FERREIRA NETO	3.54	3.61	0.07

C. CURVAS DE PERCENTIL DE SUBMERSÃO PARA OS 4 MARÉGRAFOS

i. CURVAS DE PERCENTIL DE SUBMERSÃO PARA LEIXÕES

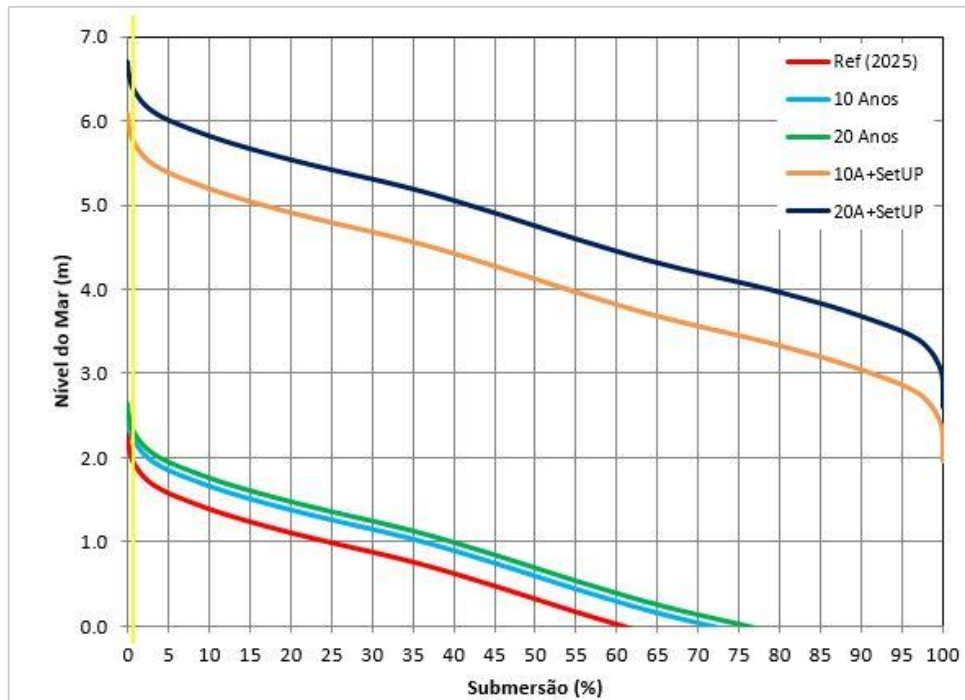


Figura C.i. Curvas de percentil submersão para o NMM em Leixões para 2025: a) Modelo de maré mais SM (10 e 20 anos); e, b) modelo de maré meteorológica mais *setup* de agitação marítima (10A+*Setup* e 20A+*Setup*). A linha amarela intersecta as 5 curvas de percentil para o valor 0.25% de submersão.

ii. CURVAS DE PERCENTIL DE SUBMERSÃO PARA CASCAIS

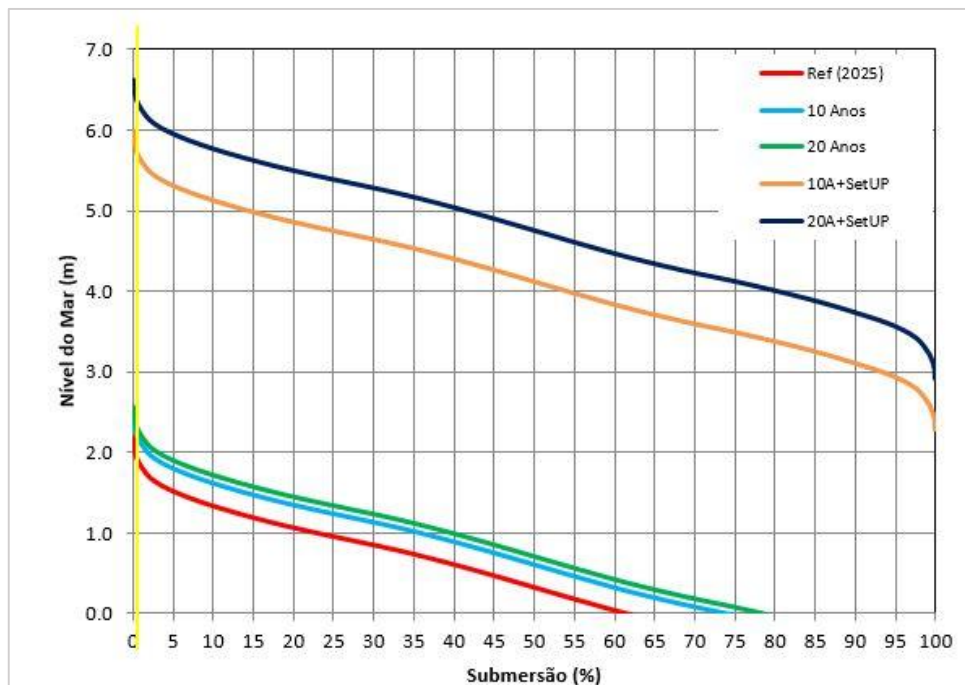


Figura C.ii. Curvas de percentil submersão para o NMM em Cascais para 2025: a) Modelo de maré mais SM (10 e 20 anos); e, b) modelo de maré meteorológica mais *setup* de agitação marítima (10A+*Setup* e 20A+*Setup*). A linha amarela intersecta as 5 curvas de percentil para o valor 0.25% de submersão.

iii. CURVAS DE PERCENTIL DE SUBMERSÃO PARA SINES

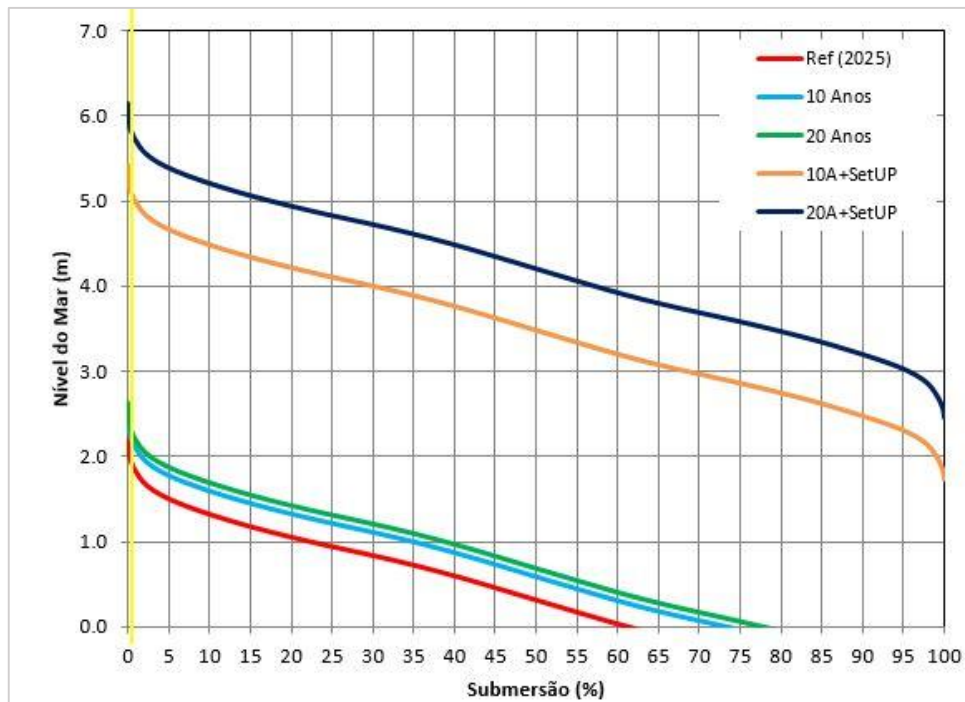


Figura C.iii. Curvas de percentil submersão para o NMM em Sines para 2025: a) Modelo de maré mais SM (10 e 20 anos); e, b) modelo de maré meteorológica mais *setup* de agitação marítima (10A+*Setup* e 20A+*Setup*). A linha amarela intersecta as 5 curvas de percentil para o valor 0.25% de submersão.

iv. CURVAS DE PERCENTIL DE SUBMERSÃO PARA LAGOS

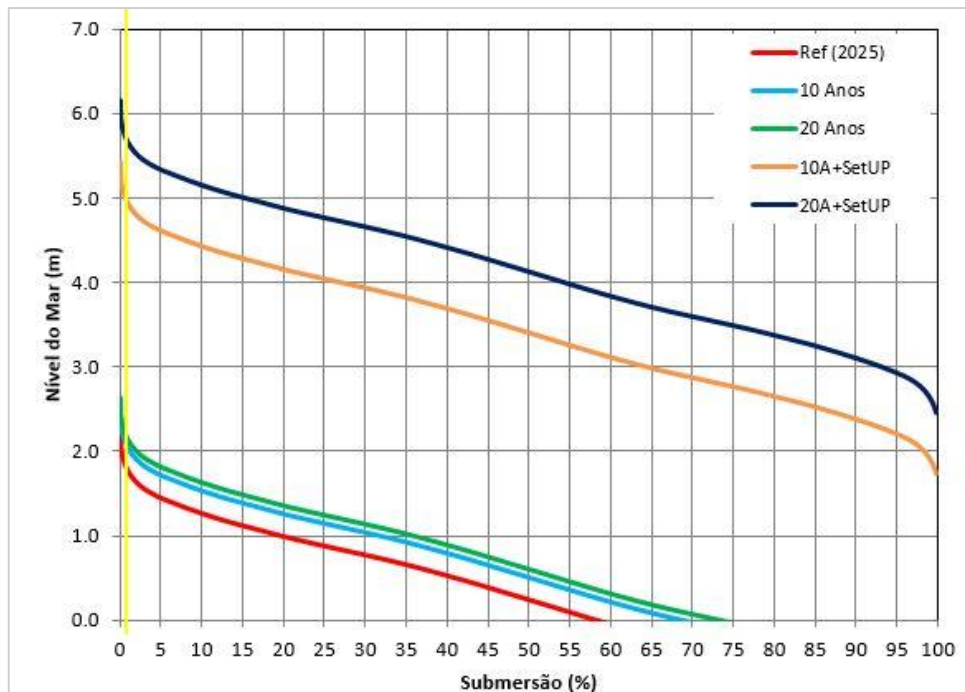
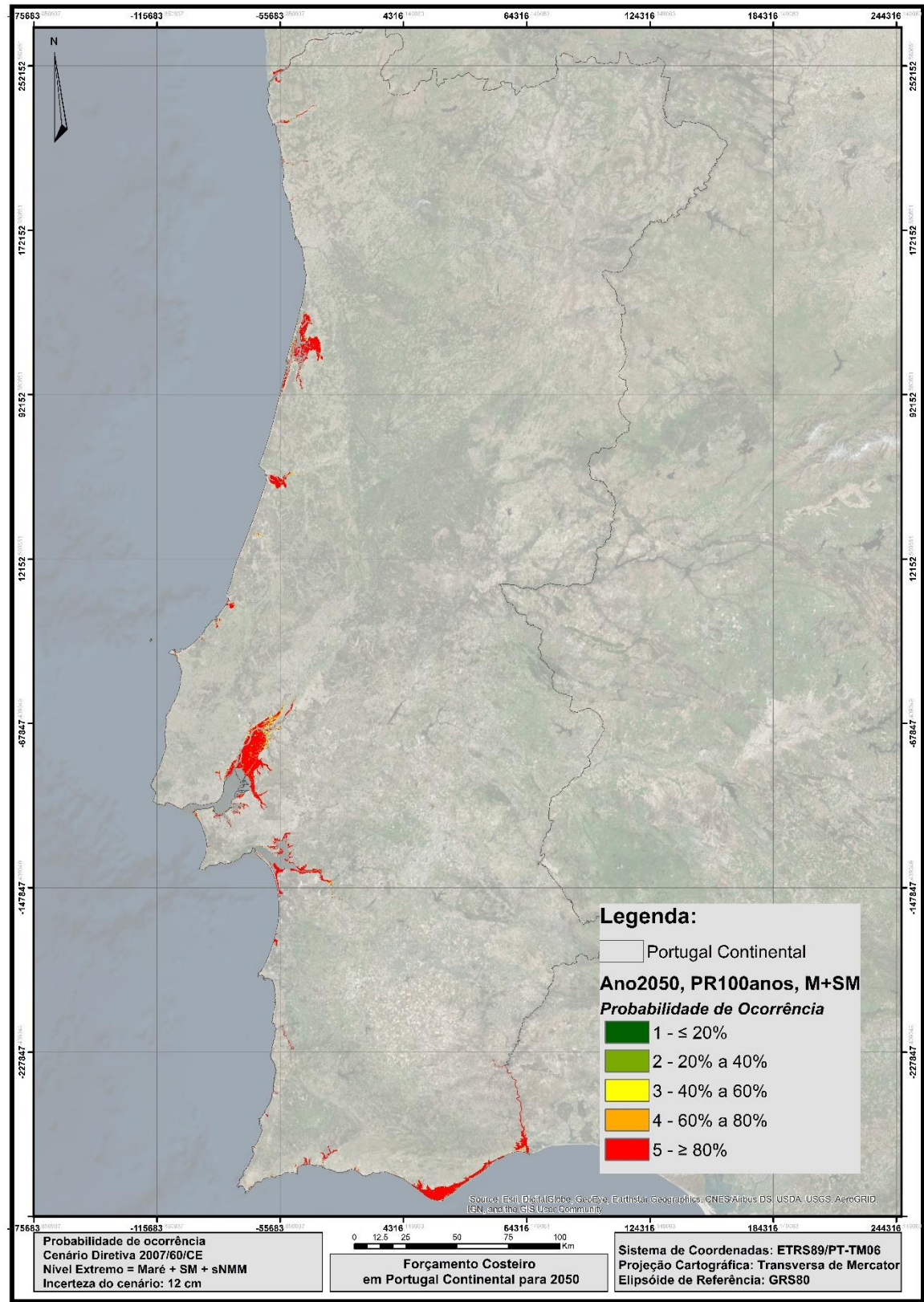
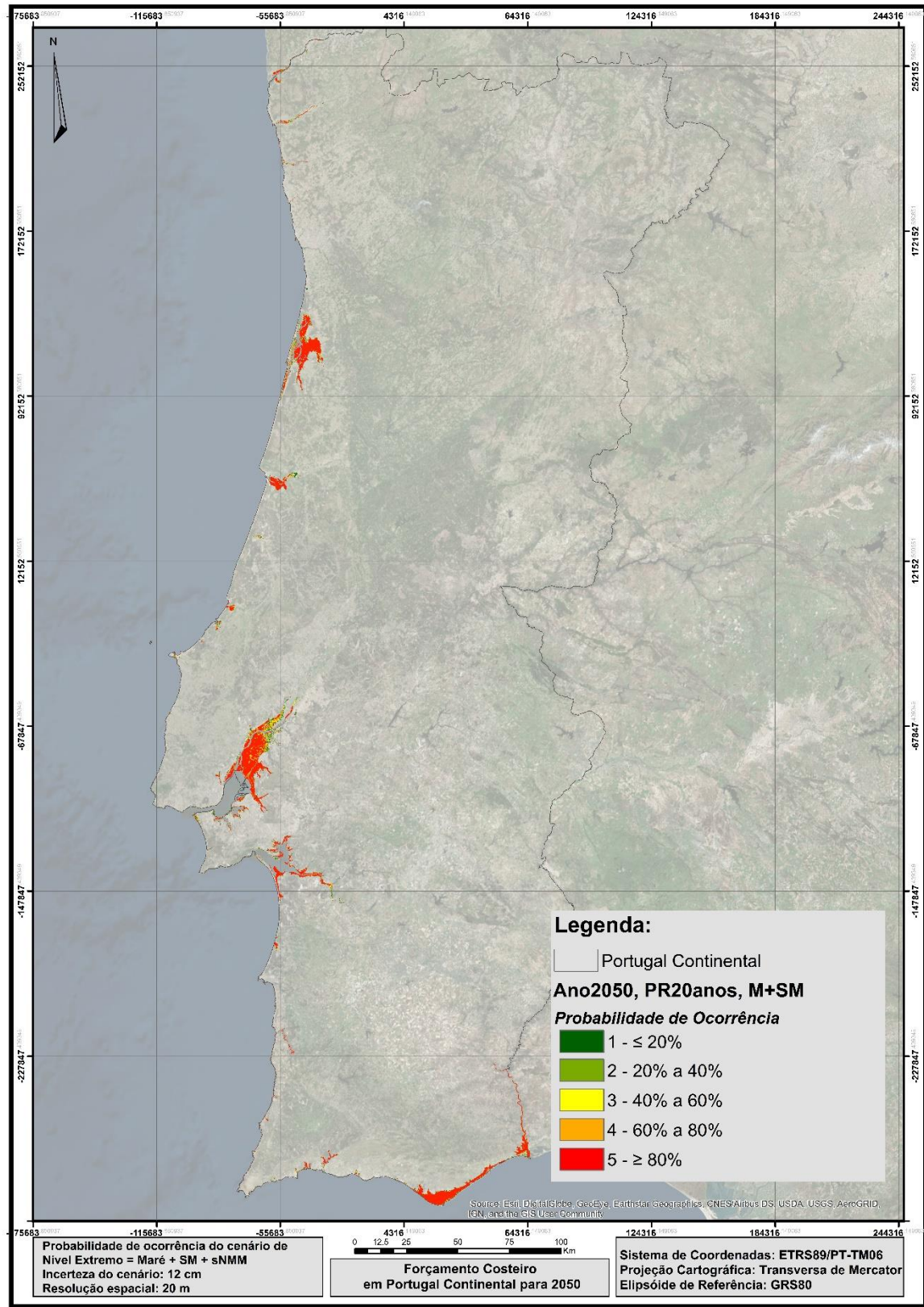


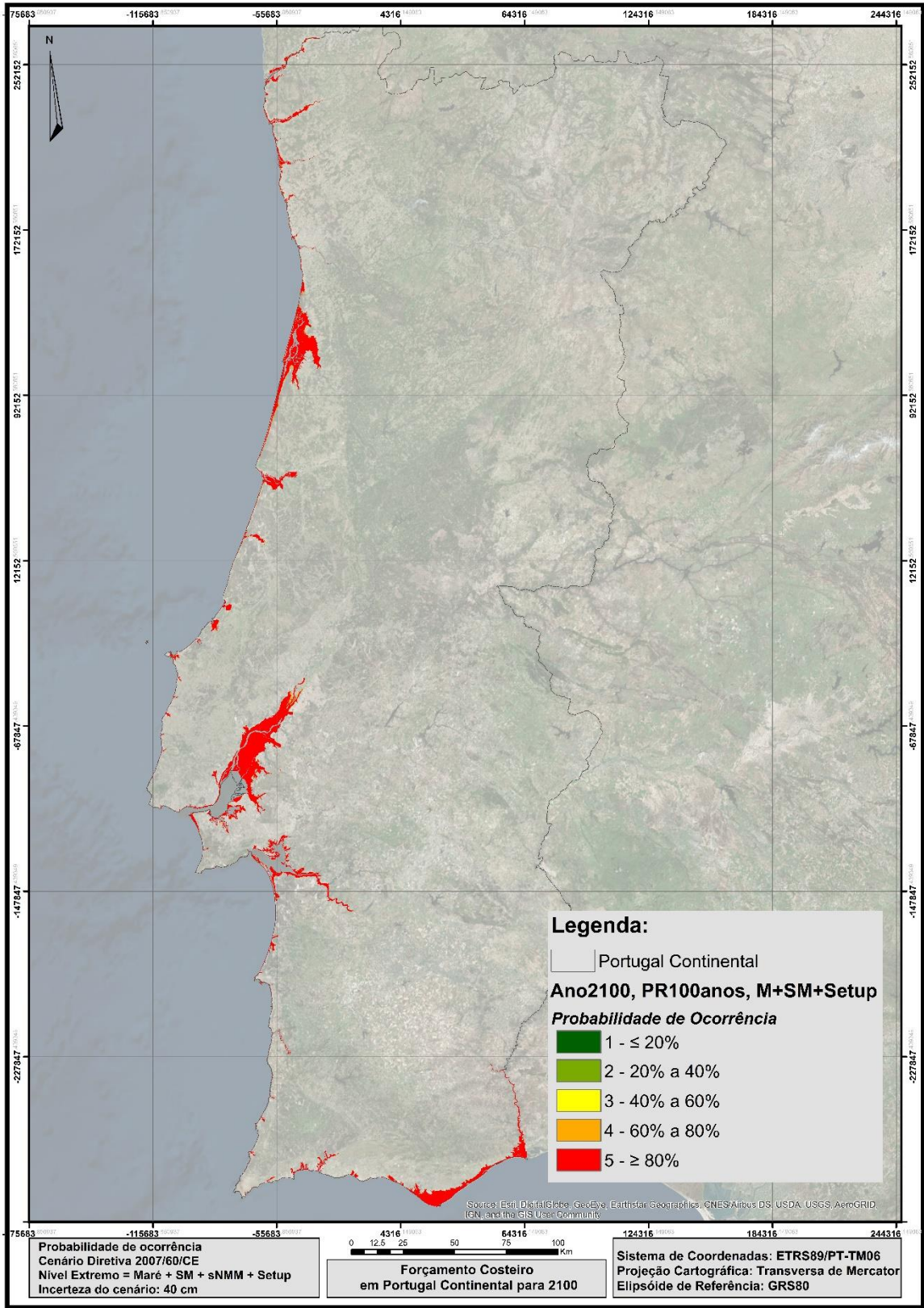
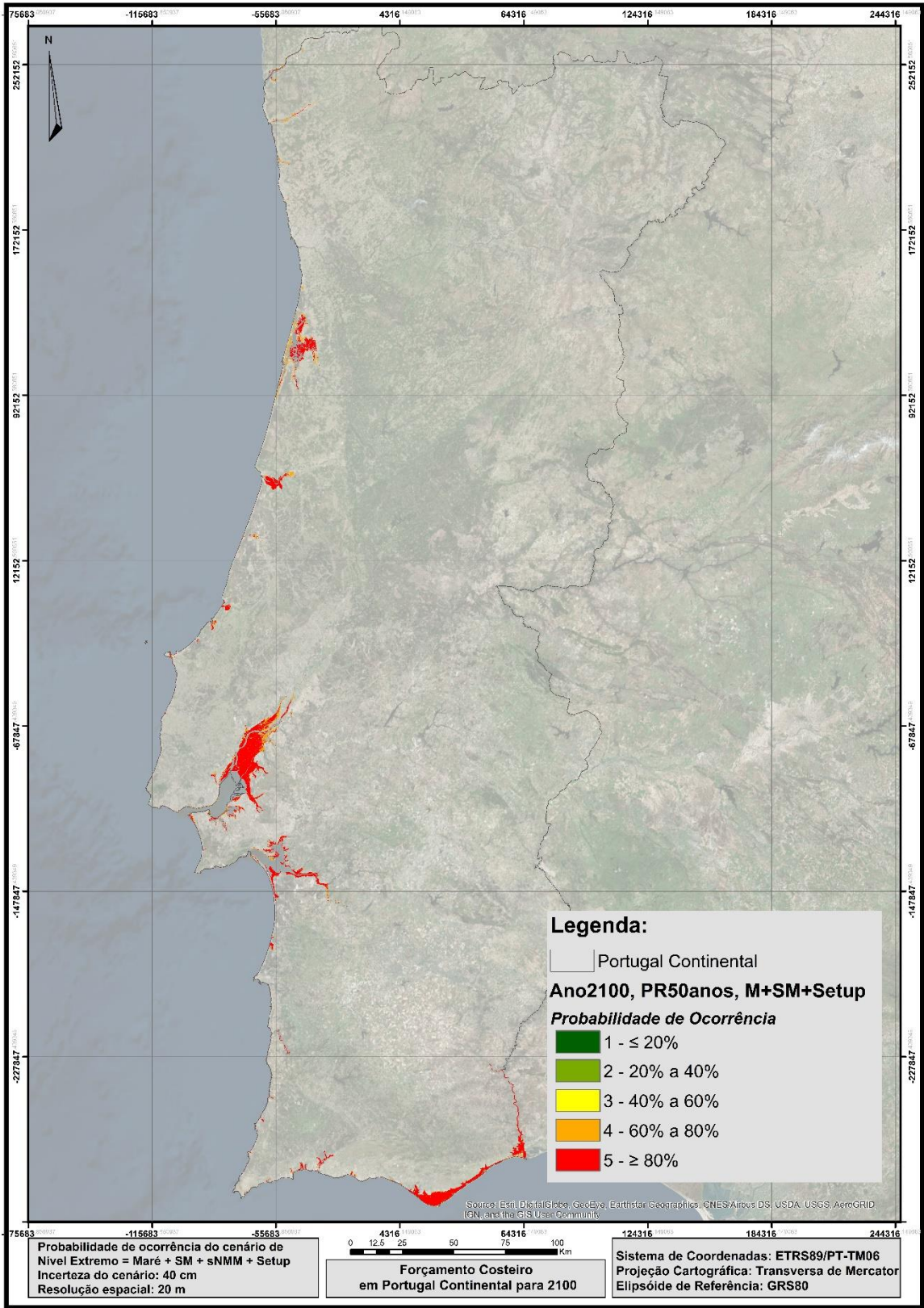
Figura C.iv. Curvas de percentil submersão para o NMM em Lagos para 2025: a) Modelo de maré mais SM (10 e 20 anos); e, b) modelo de maré meteorológica mais *setup* de agitação marítima (10A+*Setup* e 20A+*Setup*). A linha amarela intersecta as 5 curvas de percentil para o valor 0.25% de submersão.

D. PARÂMETRO DE FORÇAMENTO COSTEIRO - PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA

i. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO CENÁRIO PARA 2050 DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA.



ii. PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO CENÁRIO PARA 2100 DE NÍVEL EXTREMO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM *SETUP* DE AGITAÇÃO MARÍTIMA.



E. PARÂMETROS DE VULNERABILIDADE FÍSICA COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL

i. REDE HIDROGRÁFICA

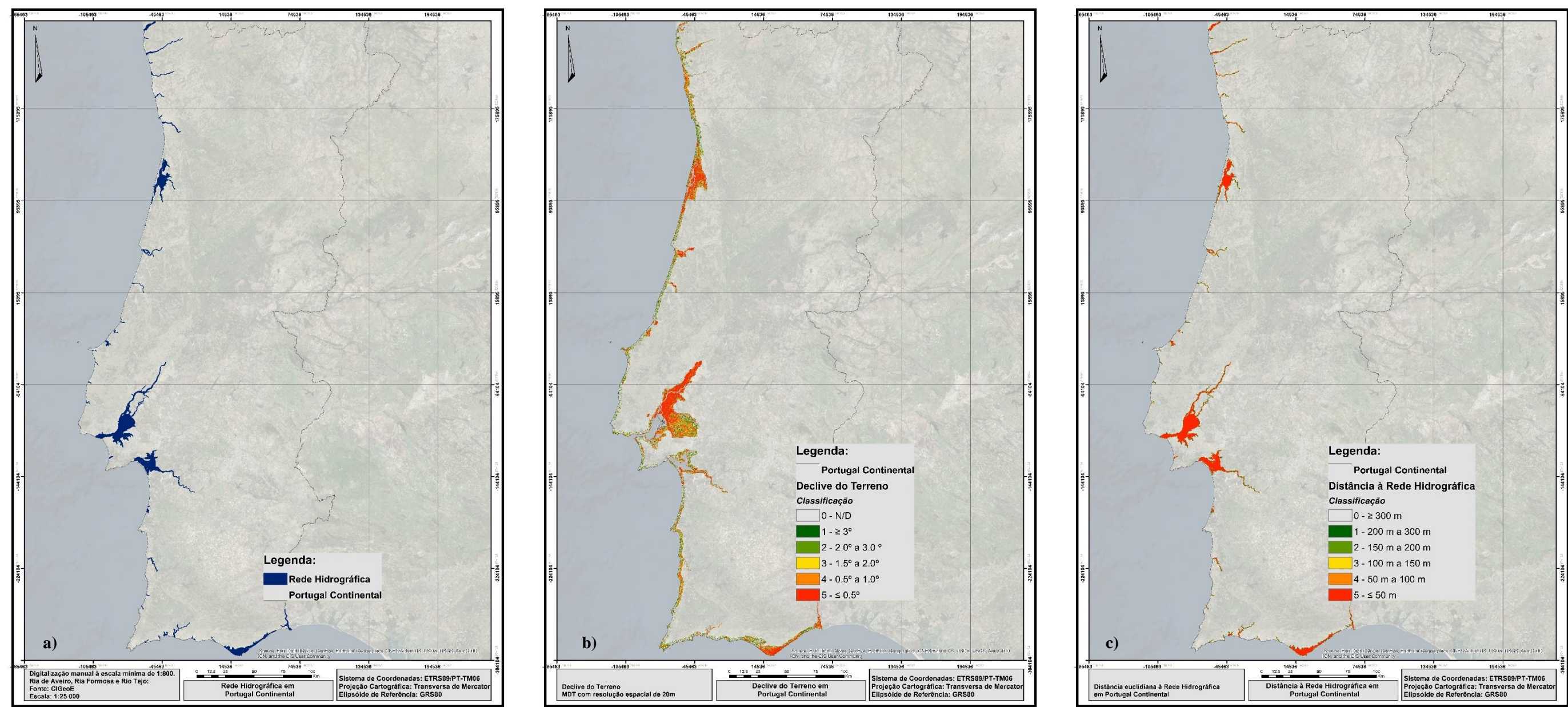


Figura E.ii. Mapa do parâmetro Rede Hidrográfica. a) Rede Hidrográfica final; b) Declive do terreno; c) Distância à rede hidrográfica.

ii. DISTÂNCIA À LINHA DE COSTA

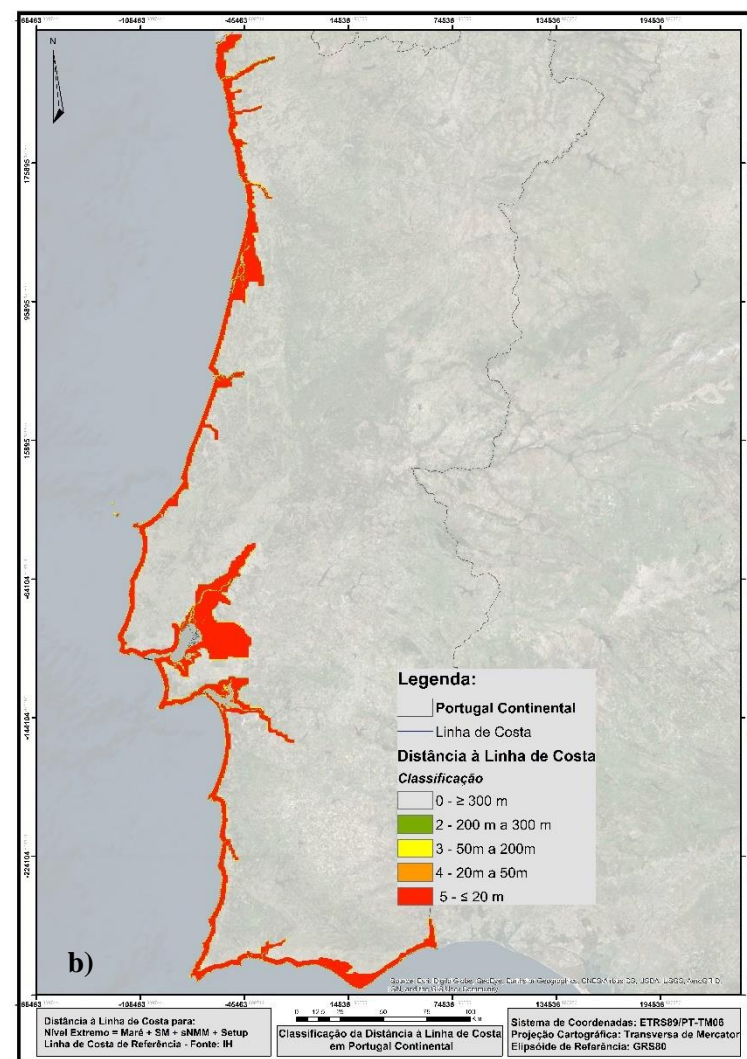
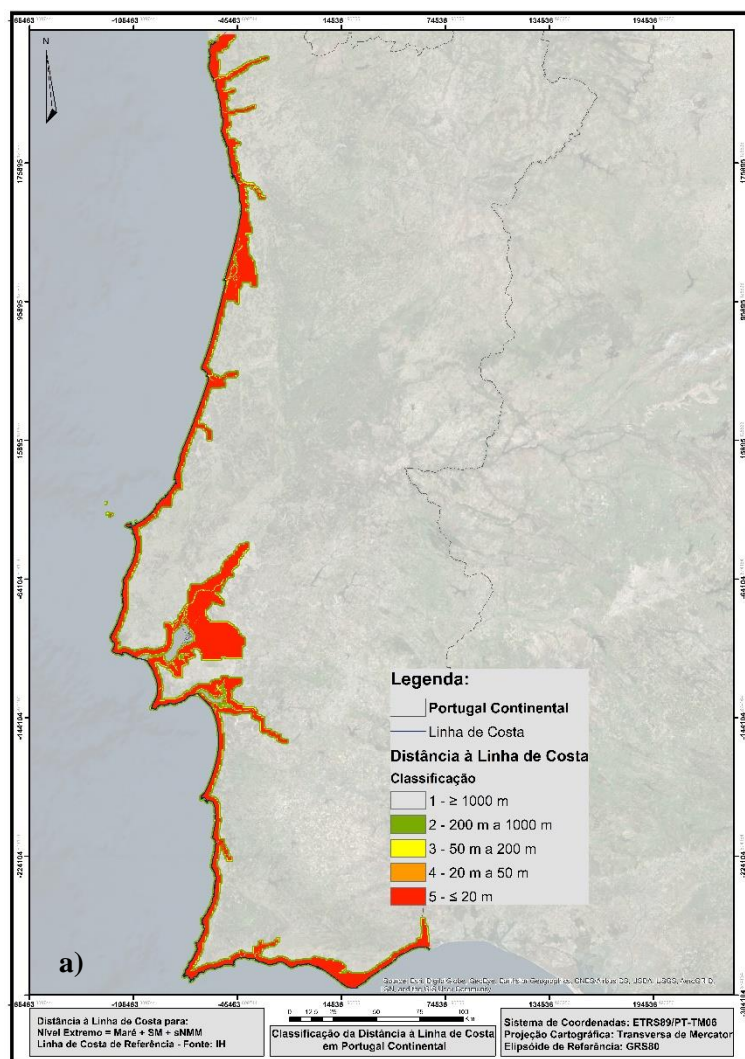


Figura E.iii. Mapa dos parâmetros para o IVC: a) Distância à linha de costa para o nível extremo M+SM+sNMM; b) Distância à linha de costa para o nível extremo M+SM+sNMM+Setup.

iii. GEOLOGIA E LITOLOGIA DE PORTUGAL CONTINENTAL

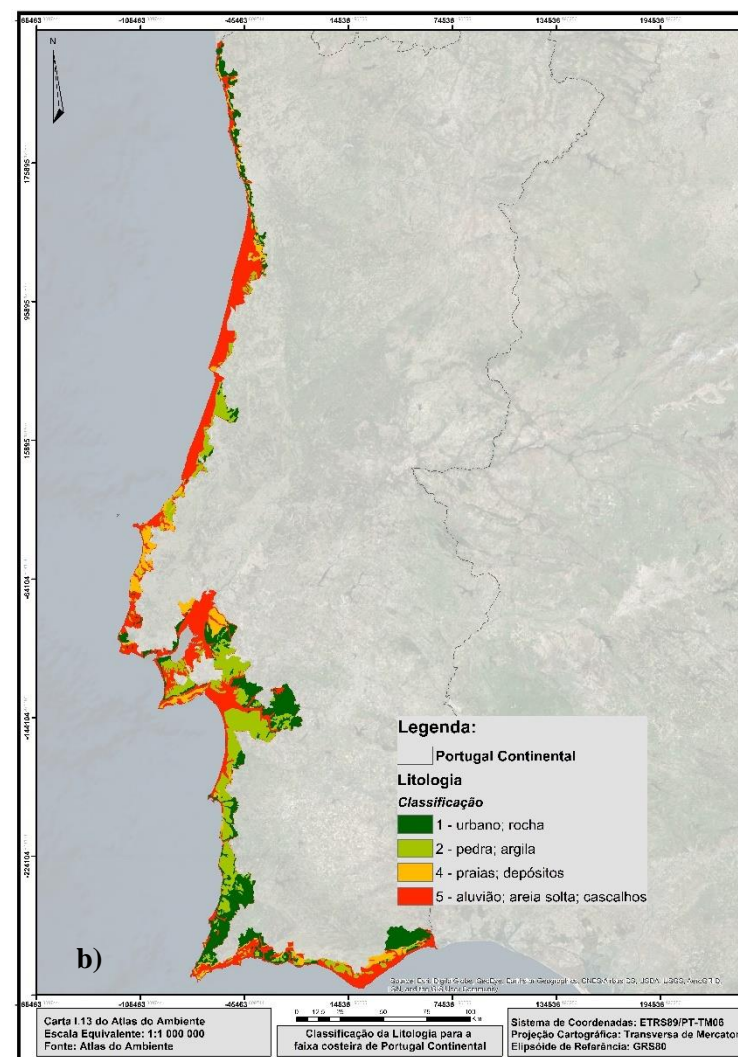
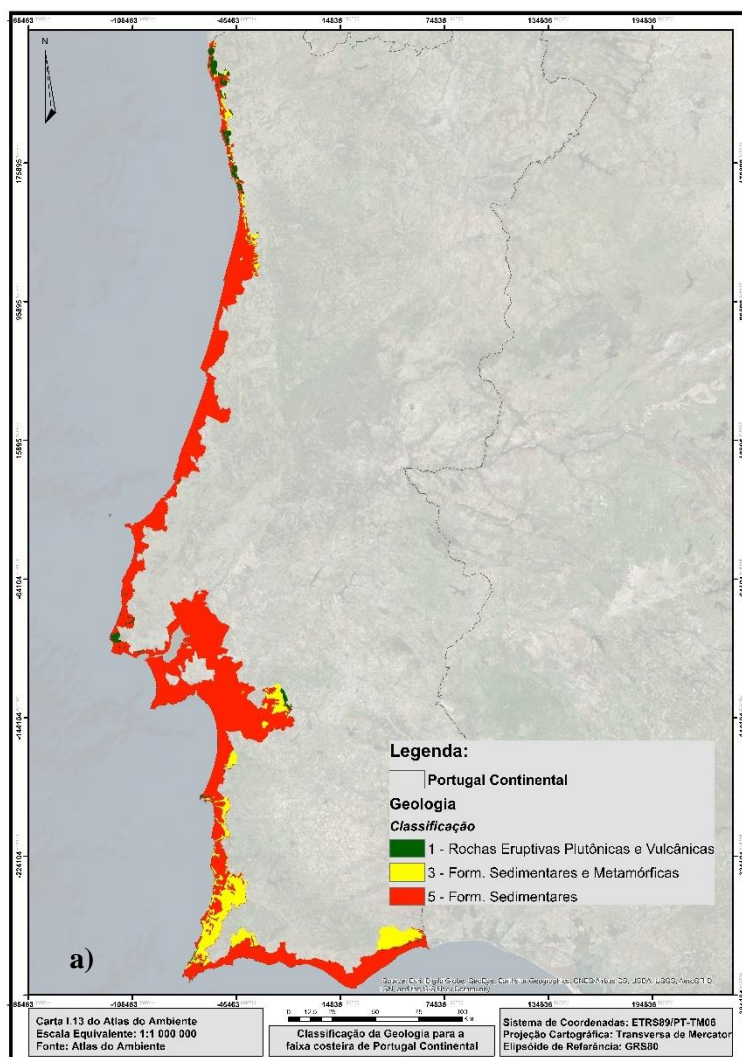


Figura E.iv. Mapa dos parâmetros para o IVC: a) Geologia; b) Litologia.

iv. TIPO DE COSTA E USO DO SOLO

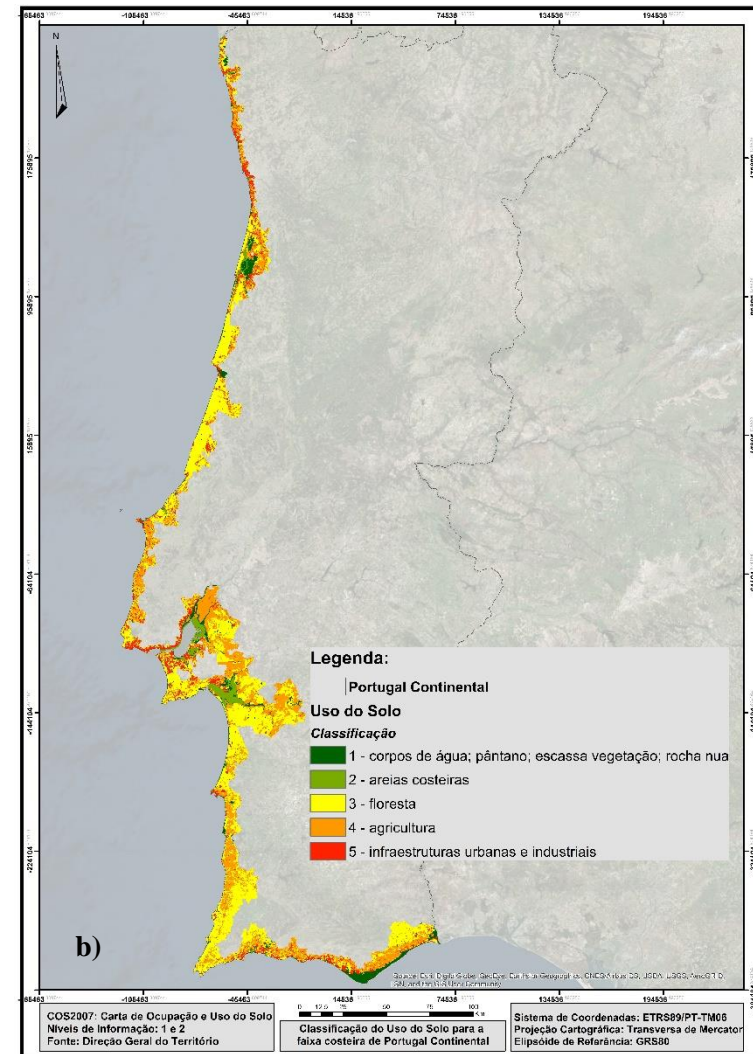
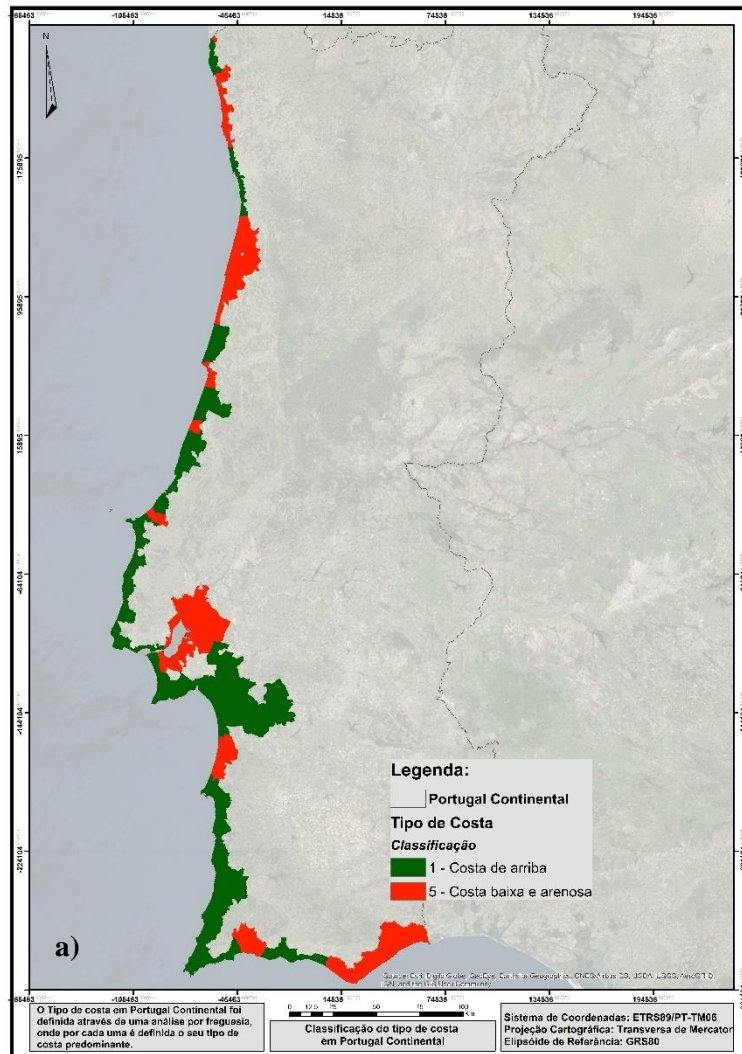


Figura E.v. Classificação dos parâmetros para o IVC: a) Tipo de Costa. b) Uso do Solo.

F. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2025

i. ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2025, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM 10 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.

DISTRITO	residentes			Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
	Nº total	Nº vulneráveis	% Vulneráveis	Total do distrito	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Aveiro	210887	25609	12.1%	624024149.5	153005381.5	24.5%	0.0	0.0	559090.7	14570004.6	137953995.1	0.0%	0.0%	0.1%	2.3%	22.1%
Beja	12826	1140	8.9%	515426118.5	2231643.3	0.4%	0.0	1305.7	128528.4	1188434.9	913374.3	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%
Braga	26854	2085	7.8%	67560906.0	2201068.6	3.3%	0.0	0.0	100292.2	697290.7	1403485.7	0.0%	0.0%	0.1%	1.0%	2.1%
Coimbra	41019	1511	3.7%	323357402.9	11753160.8	3.6%	0.0	0.0	210480.6	1869596.1	9673084.1	0.0%	0.0%	0.1%	0.6%	3.0%
Faro	337850	35705	10.6%	1727690325.9	158647312.2	9.2%	0.0	13866.6	2210098.0	15989442.0	140432853.3	0.0%	0.0%	0.1%	0.9%	8.1%
Leiria	122819	3821	3.1%	793579135.5	9780057.7	1.2%	0.0	0.0	1505663.1	6931794.9	1342599.7	0.0%	0.0%	0.2%	0.9%	0.2%
Lisboa	693015	10646	1.5%	778547451.5	155562324.8	20.0%	0.0	0.0	402932.8	17861684.2	137297707.8	0.0%	0.0%	0.1%	2.3%	17.6%
Porto	325529	6050	1.9%	166617443.0	1266835.4	0.8%	656.2	1312.3	176518.6	828467.5	259880.8	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.2%
Santarém	17123	816	4.8%	321387070.8	54212046.5	16.9%	0.0	0.0	367362.3	6702310.5	47142373.6	0.0%	0.0%	0.1%	2.1%	14.7%
Setúbal	680148	30318	4.5%	2622451267.6	113725693.8	4.3%	0.0	0.0	5819158.2	49334010.2	58572525.4	0.0%	0.0%	0.2%	1.9%	2.2%
Viana do Castelo	70205	2451	3.5%	152258555.4	5498834.3	3.6%	400.0	400.0	233572.1	2048626.5	3215835.7	0.0%	0.0%	0.2%	1.3%	2.1%

DISTRITO	Concelho	residentes			Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
		Nº total	Nº vulneráveis	% Vulneráveis	Total do concelho	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Faro	Aljezur	478	5884	8.1%	323429392.6	2221902.8	0.7%	0.0	8402.2	360369.8	1623621.3	229509.4	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.1%
	Vila do Bispo	265	4807	5.5%	164138977.1	1125290.6	0.7%	0.0	5464.4	204853.5	882558.2	32414.7	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%
	Lagos	2814	28624	9.8%	82778630.5	2282234.5	2.8%	0.0	0.0	342292.0	1310889.6	629052.9	0.0%	0.0%	0.4%	1.6%	0.8%
	Portimão	2775	55614	5.0%	182062864.1	7449360.3	4.1%	0.0	0.0	81921.6	819075.5	6548363.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	3.6%
	Lagoa	2866	22975	12.5%	88248211.2	2156505.2	2.4%	0.0	0.0	30932.6	279689.3	1845883.3	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	2.1%
	Silves	685	9839	7.0%	54246208.2	1346640.2	2.5%	0.0	0.0	234162.3	714183.6	398294.3	0.0%	0.0%	0.4%	1.3%	0.7%
	Albufeira	434	31118	1.4%	67966787.9	416795.8	0.6%	0.0	0.0	104452.6	275207.9	37135.3	0.0%	0.0%	0.2%	0.4%	0.1%
	Loulé	666	32934	2.0%	100899311.8	7511390.4	7.4%	0.0	0.0	258882.6	685635.8	6566872.0	0.0%	0.0%	0.3%	0.7%	6.5%
	Faro	3133	52399	6.0%	95507505.2	59797566.4	62.6%	0.0	0.0	110421.0	1953516.5	57733628.9	0.0%	0.0%	0.1%	2.0%	60.4%
	Olhão	6910	45396	15.2%	130863289.0	31436818.7	24.0%	0.0	0.0	40872.9	1570375.7	29825570.1	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	22.8%
	Tavira	2485	23642	10.5%	285852337.1	19316397.7	6.8%	0.0	0.0	85000.1	1760337.5	17471060.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	6.1%
Beja	Castro Marim	1465	5462	26.8%	90446830.6	14826437.1	16.4%	0.0	0.0	236210.0	2310753.0	12279474.1	0.0%	0.0%	0.3%	2.6%	13.6%
	Vila Real de Santo António	10729	19156	56.0%	61249980.7	8759972.4	14.3%	0.0	0.0	119727.2	1803598.1	6835594.9	0.0%	0.0%	0.2%	2.9%	11.2%
	Odemira	1140	12826	8.9%	515426118.5	2231643.3	0.4%	0.0	1305.7	128528.4	1188434.9	913374.3	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%
Setúbal	Alcácer do Sal	1369	10301	13.3%	1038891958.6	50265739.5	4.8%	0.0	0.0	2657535.7	29704225.3	17903978.5	0.0%	0.0%	0.3%	2.9%	1.7%
	Alcochete	964	15382	6.3%	123558855.3	17622690.5	14.3%	0.0	0.0	242566.5	2147166.3	15232957.7	0.0%	0.0%	0.2%	1.7%	12.3%
	Almada	12683	174030	7.3%	70207480.0	2116982.7	3.0%	0.0	0.0	699242.9	1342545.7	75194.1	0.0%	0.0%	1.0%	1.9%	0.1%

Anexos

	Barreiro	3980	67228	5.9%	28694066.0	1369784.2	4.8%	0.0	0.0	6121.9	321561.9	1042100.4	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	3.6%
	Grândola	356	3288	10.8%	237161060.4	7020661.3	3.0%	0.0	0.0	660720.4	4433472.1	1926468.8	0.0%	0.0%	0.3%	1.9%	0.8%
	Moita	1869	48376	3.9%	37318325.5	3786441.5	10.1%	0.0	0.0	5024.6	510014.8	3271402.1	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	8.8%
	Montijo	1136	41245	2.8%	43258932.1	3148097.5	7.3%	0.0	0.0	1603.7	432420.2	2714073.6	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	6.3%
	Palmela	105	9078	1.2%	282031796.3	4576510.4	1.6%	0.0	0.0	274637.2	2923516.5	1378356.8	0.0%	0.0%	0.1%	1.0%	0.5%
	Santiago do Cacém	85	10647	0.8%	75105135.0	3322658.2	4.4%	0.0	0.0	6708.0	516757.1	2799193.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	3.7%
	Seixal	1248	141256	0.9%	71381251.4	3492587.6	4.9%	0.0	0.0	6882.8	547326.8	2938378.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	4.1%
	Sesimbra	247	23894	1.0%	181299488.0	526655.7	0.3%	0.0	0.0	72794.4	230805.4	223055.9	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%
	Setúbal	6092	121185	5.0%	230258888.4	16021884.9	7.0%	0.0	0.0	1074912.7	5879605.9	9067366.3	0.0%	0.0%	0.5%	2.6%	3.9%
Santarém	Sines	184	14238	1.3%	203233802.7	454999.5	0.2%	0.0	0.0	110407.4	344592.2	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%
	Benavente	816	17123	4.8%	321395687.4	54212046.5	16.9%	0.0	0.0	367362.3	6702310.5	47142373.6	0.0%	0.0%	0.1%	2.1%	14.7%
Lisboa	Cascais	372	148977	0.2%	77024833.1	210807.0	0.3%	0.0	0.0	49578.0	161229.0	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%
	Lisboa	3271	195276	1.7%	29912947.3	228252.6	0.8%	0.0	0.0	46319.6	126015.9	55917.2	0.0%	0.0%	0.2%	0.4%	0.2%
	Lourinhã	533	13896	3.8%	52590527.3	174284.7	0.3%	0.0	0.0	31391.8	135030.4	7862.5	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.0%
	Mafra	196	21027	0.9%	73606230.1	189890.5	0.3%	0.0	0.0	23819.8	110463.2	55607.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%
	Oeiras	1885	106814	1.8%	20714124.3	159327.3	0.8%	0.0	0.0	24562.5	115630.5	19134.3	0.0%	0.0%	0.1%	0.6%	0.1%
	Sintra	378	24133	1.6%	116968881.7	115422.9	0.1%	0.0	0.0	27636.4	87786.4	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
	Loures	745	51307	1.5%	19466012.1	1933938.6	9.9%	0.0	0.0	28794.1	560563.8	1344580.8	0.0%	0.0%	0.1%	2.9%	6.9%
	Torres Vedras	429	23998	1.8%	101542994.4	394554.1	0.4%	0.0	0.0	54346.0	283231.2	56976.9	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.1%
Leiria	Vila Franca de Xira	2837	107587	2.6%	273406717.2	152155847.2	55.7%	0.0	0.0	116484.7	16281733.7	135757628.7	0.0%	0.0%	0.0%	6.0%	49.7%
	Alcobaça	818	9464	8.6%	101723452.0	1651169.4	1.6%	0.0	0.0	406216.9	1196741.2	48211.3	0.0%	0.0%	0.4%	1.2%	0.0%
	Caldas da rainha	314	19527	1.6%	77261556.1	1848062.5	2.4%	0.0	0.0	224418.7	1299124.2	324519.6	0.0%	0.0%	0.3%	1.7%	0.4%
	Leiria	78	1772	4.4%	52476851.4	377081.6	0.7%	0.0	0.0	108037.3	268556.3	488.1	0.0%	0.0%	0.2%	0.5%	0.0%
	Marinha Grande	282	37609	0.7%	178558124.6	1493910.8	0.8%	0.0	0.0	72685.5	943306.2	477919.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.3%
	Nazaré	305	12049	2.5%	63919598.7	2306288.8	3.6%	0.0	0.0	207633.0	1982259.3	116396.5	0.0%	0.0%	0.3%	3.1%	0.2%
	Óbidos	137	5720	2.4%	88389225.2	580574.8	0.7%	0.0	0.0	29185.2	183236.9	368152.7	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.4%
	Peniche	1864	26352	7.1%	67828279.0	1263804.0	1.9%	0.0	0.0	414968.2	841923.4	6912.4	0.0%	0.0%	0.6%	1.2%	0.0%
Coimbra	Pombal	23	10326	0.2%	163422048.3	259165.7	0.2%	0.0	0.0	42518.3	216647.5	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
	Cantanhede	52	3992	1.3%	78439466.7	125428.9	0.2%	0.0	0.0	31407.6	94021.3	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
	Figueira da Foz	1106	33880	3.3%	204639485.2	10252941.8	5.0%	0.0	0.0	94096.0	983839.4	9175006.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	4.5%
Aveiro	Mira	353	3147	11.2%	40278450.9	1374790.1	3.4%	0.0	0.0	84977.1	791735.4	498077.7	0.0%	0.0%	0.2%	2.0%	1.2%
	Albergaria-a-Velha	251	2073	12.1%	21251702.8	12985514.3	61.1%	0.0	0.0	31539.6	1109146.8	11844827.9	0.0%	0.0%	0.1%	5.2%	55.7%
	Aveiro	7947	49691	16.0%	120988879.4	56415825.3	46.6%	0.0	0.0	118735.9	2101599.5	54195489.9	0.0%	0.0%	0.1%	1.7%	44.8%
	Espinho	0	20020	0.0%	13092808.0	0.0	0.0%	0.0	0.0	12715.6	64993.3	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%
	Estarreja	1485	26997	5.5%	108173262.9	24125111.6	22.3%	0.0	0.0	47633.5	1126800.9	22950677.2	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	21.2%
	Ílhavo	7006	38598	18.2%	73475509.0	10635104.8	14.5%	0.0	0.0	61102.5	2346077.0	8227925.3	0.0%	0.0%	0.1%	3.2%	11.2%
	Murtosa	4457	9126	48.8%	70802093.7	27684395.7	39.1%	0.0	0.0	161265.2	5266406.3	22256724.2	0.0%	0.0%	0.2%	7.4%	31.4%
	Ovar	2722	55398	4.9%	147702506.2	13556499.6	9.2%	0.0	0.0	60618.9	1236605.8	12259274.9	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	8.3%
Porto	Vagos	1741	8984	19.4%	68537387.5	7602930.2	11.1%	0.0	0.0	65479.5	1318375.0	6219075.7	0.0%	0.0%	0.1%	1.9%	9.1%
	Matosinhos	834	78893	1.1%	34804923.4	242616.9	0.7%	656.2	400.0	58942.3	180518.0	2100.5	0.0%	0.0%	0.2%	0.5%	0.0%
	Porto	1279	57917	2.2%	11854881.9	53712.6	0.5%	0.0	0.0	14404.5	38785.1	523.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.0%
	Póvoa de Varzim	860	56305	1.5%	48174201.9	203738.8	0.4%	0.0	0.0	21584.4	166637.7	15516.6	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
	Vila do Conde	2235	45528	4.9%	31125853.1	500564.2	1.6%	0.0	656.2	24820.9	234576.2	240510.9	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%	0.8%

	Vila Nova de Gaia	842	86886	1.0%	40657605.9	266203.0	0.7%	0.0	256.2	56766.6	207950.5	1229.8	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%
Braga	Esposende	2085	26854	7.8%	67560906.0	2201068.6	3.3%	0.0	0.0	100292.2	697290.7	1403485.7	0.0%	0.0%	0.1%	1.0%	2.1%
Viana do Castelo	Caminha	1058	10039	10.5%	30857738.1	766256.8	2.5%	400.0	0.0	82683.4	442022.8	241150.6	0.0%	0.0%	0.3%	1.4%	0.8%
	Viana do Castelo	1393	60166	2.3%	121400817.4	4732577.5	3.9%	0.0	400.0	150888.6	1606603.7	2974685.1	0.0%	0.0%	0.1%	1.3%	2.5%

ii. ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2025, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.

DISTRITO	Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
	Total do distrito	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Aveiro	624024149.5	116019546.9	18.6%	0.0	8182.6	2529375.2	2859602.0	110622387.2	0.0%	0.0%	0.4%	0.5%	17.7%
Beja	515426118.5	2196292.7	0.4%	0.0	0.0	107482.3	2088810.4	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%
Braga	67560906.0	1430005.3	2.1%	0.0	3488.4	71568.6	540449.9	814498.4	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%	1.2%
Coimbra	323357402.9	10968687.8	3.4%	0.0	15239.5	84494.5	2786879.4	8082074.3	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	2.5%
Faro	1727690325.9	155717058.7	9.0%	0.0	0.0	1262135.4	19366972.5	135087950.8	0.0%	0.0%	0.1%	1.1%	7.8%
Leiria	793579135.5	8340897.7	1.1%	0.0	0.0	843312.7	6795868.2	701716.8	0.0%	0.0%	0.1%	0.9%	0.1%
Lisboa	778547451.5	149989381.1	19.3%	0.0	0.0	159999.8	18002403.0	131826978.3	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	16.9%
Porto	166617443.0	850878.5	0.5%	400.0	28389.4	54524.2	638996.5	128568.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.1%
Santarém	321387070.8	52376118.0	16.3%	0.0	0.0	1312.4	11712029.2	40662776.4	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	12.7%
Setúbal	2622451267.6	107407569.2	4.1%	0.0	0.0	3925868.2	78579600.4	24902100.5	0.0%	0.0%	0.1%	3.0%	0.9%
Viana do castelo	152258555.4	4366467.6	2.9%	400.0	47213.5	232679.9	1902337.2	2183837.0	0.0%	0.0%	0.2%	1.2%	1.4%

DISTRITO	Concelho	Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
		Total do concelho	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Faro	Albufeira	67966787.9	364719.1	0.5%	0.0	0.0	66733.3	297985.8	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.0%
	Aljezur	323429392.6	2116080.2	0.7%	0.0	0.0	417258.3	1698822.0	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%
	Castro Marim	90446830.6	14620103.8	16.2%	0.0	0.0	70735.5	4121326.9	10428041.4	0.0%	0.0%	0.1%	4.6%	11.5%
	Faro	95507505.2	57343730.4	60.0%	0.0	0.0	0.0	1895706.3	55448024.1	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	58.1%
	Lagoa	88248211.2	2095633.6	2.4%	0.0	0.0	3686.7	383832.0	1708114.9	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	1.9%
	Lagos	82778630.5	2140292.4	2.6%	0.0	0.0	217016.5	1922393.0	883.0	0.0%	0.0%	0.3%	2.3%	0.0%
	Loulé	100899311.8	9285408.4	9.2%	0.0	0.0	114170.5	1503533.2	7667704.7	0.0%	0.0%	0.1%	1.5%	7.6%
	Olhão	130863289.0	31038735.5	23.7%	0.0	0.0	0.0	1412011.6	29626724.0	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	22.6%
	Portimão	182062864.1	7312067.4	4.0%	0.0	0.0	656.2	1184998.0	6126413.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	3.4%
	Silves	54246208.2	1200046.9	2.2%	0.0	0.0	170254.4	1029792.5	0.0	0.0%	0.0%	0.3%	1.9%	0.0%
	Tavira	285852337.1	18914865.8	6.6%	0.0	0.0	0.0	1716285.9	17198579.9	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	6.0%
	Vila do Bispo	164138977.1	1000527.3	0.6%	0.0	0.0	201624.2	798903.0	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%

Anexos

	Vila Real de Santo António	61249980.7	8284848.0	13.5%	0.0	0.0	0.0	1401382.3	6883465.7	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	11.2%
Beja	Odemira	515426118.5	2196292.7	0.4%	0.0	0.0	107482.3	2088810.4	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%
	Alcácer do Sal	1038891958.6	48213071.9	4.6%	0.0	0.0	2202174.2	46010897.7	0.0	0.0%	0.0%	0.2%	4.4%	0.0%
	Alcochete	123558855.3	16943166.9	13.7%	0.0	0.0	0.0	4034356.5	12908810.4	0.0%	0.0%	0.0%	3.3%	10.4%
	Almada	70207480.0	1557153.2	2.2%	0.0	0.0	373431.0	1162833.4	20888.8	0.0%	0.0%	0.5%	1.7%	0.0%
	Barreiro	28694066.0	1142112.2	4.0%	0.0	0.0	0.0	304230.7	837881.5	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	2.9%
	Grândola	237161060.4	6583835.5	2.8%	0.0	0.0	326860.6	6035067.3	221907.6	0.0%	0.0%	0.1%	2.5%	0.1%
	Moita	37318325.5	3441272.2	9.2%	0.0	0.0	0.0	388583.1	3052689.1	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	8.2%
Setúbal	Montijo	43258932.1	2858298.8	6.6%	0.0	0.0	0.0	294232.6	2564066.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	5.9%
	Palmela	282031796.3	4368452.2	1.5%	0.0	0.0	224572.8	4143879.5	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	1.5%	0.0%
	Santiago do Cacém	75105135.0	3192182.9	4.3%	0.0	0.0	0.0	395316.4	2796866.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	3.7%
	Seixal	71381251.4	3184786.8	4.5%	0.0	0.0	0.0	685796.2	2498990.6	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	3.5%
	Sesimbra	181299488.0	467734.2	0.3%	0.0	0.0	48034.7	419699.5	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
	Setúbal	230258888.4	15029459.0	6.5%	0.0	0.0	677936.8	14351522.2	0.0	0.0%	0.0%	0.3%	6.2%	0.0%
	Sines	203233802.7	426043.3	0.2%	0.0	0.0	72858.1	353185.2	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
Santarém	Benavente	321395687.4	52376118.0	16.3%	0.0	0.0	1312.4	11712029.2	40662776.4	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	12.7%
	Cascais	77024833.1	185864.4	0.2%	0.0	0.0	32402.3	153462.2	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
	Lisboa	29912947.3	278612.3	0.9%	0.0	0.0	16107.3	163845.8	98659.3	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.3%
	Loures	19466012.1	1615253.1	8.3%	0.0	0.0	0.0	524867.4	1090385.8	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	5.6%
	Lourinhã	52590527.3	160050.4	0.3%	0.0	0.0	23909.9	136140.5	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
	Mafra	73606230.1	176334.7	0.2%	0.0	0.0	15659.6	160675.1	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
	Oeiras	20714124.3	133371.2	0.6%	0.0	0.0	15796.1	117575.1	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.6%	0.0%
	Sintra	116968881.7	100680.2	0.1%	0.0	0.0	17892.4	82787.8	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
	Torres Vedras	101542994.4	345230.1	0.3%	0.0	0.0	38232.3	306997.8	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
	Vila Franca de Xira	273406717.2	146993984.6	53.8%	0.0	0.0	0.0	16356051.4	130637933.3	0.0%	0.0%	0.0%	6.0%	47.8%
	Alcobaça	101723452.0	1341637.2	1.3%	0.0	0.0	199238.9	1142398.3	0.0	0.0%	0.0%	0.2%	1.1%	0.0%
	Caldas da rainha	77261556.1	1671392.9	2.2%	0.0	0.0	145536.8	1525125.4	730.8	0.0%	0.0%	0.2%	2.0%	0.0%
	Leiria	52476851.4	306366.2	0.6%	0.0	0.0	53730.5	252571.3	64.5	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%
	Marinha Grande	178558124.6	1128060.4	0.6%	0.0	0.0	28107.9	712286.5	387666.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.2%
	Nazaré	63919598.7	2158027.2	3.4%	0.0	0.0	140056.5	2017970.8	0.0	0.0%	0.0%	0.2%	3.2%	0.0%
	Óbidos	88389225.2	534789.9	0.6%	0.0	0.0	9200.0	212334.4	313255.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.4%
	Peniche	67828279.0	963578.4	1.4%	0.0	0.0	241350.9	722227.5	0.0	0.0%	0.0%	0.4%	1.1%	0.0%
	Pombal	163422048.3	237045.4	0.1%	0.0	0.0	26091.3	210954.1	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
Coimbra	Cantanhede	78439466.7	89538.5	0.1%	0.0	8102.2	0.0	81436.3	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
	Figueira da Foz	204639485.2	9928101.1	4.9%	0.0	7137.3	2379.4	2254676.1	7663908.3	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	3.7%
	Mira	40278450.9	951048.2	2.4%	0.0	0.0	82115.1	450767.1	418166.0	0.0%	0.0%	0.2%	1.1%	1.0%
	Albergaria-a-Velha	21251702.8	11715559.8	55.1%	0.0	2912.3	158570.1	458632.3	11095445.1	0.0%	0.0%	0.7%	2.2%	52.2%
	Aveiro	120988879.4	36286992.1	30.0%	0.0	0.0	394498.3	376900.8	35515593.0	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%	29.4%
	Espinho	13092808.0	52516.1	0.4%	0.0	3014.1	0.0	49501.9	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%
	Estarreja	108173262.9	22715753.2	21.0%	0.0	1056.2	185633.3	578762.8	21950301.0	0.0%	0.0%	0.2%	0.5%	20.3%
	Ílhavo	73475509.0	6207748.7	8.4%	0.0	0.0	439098.4	332862.4	5435787.8	0.0%	0.0%	0.6%	0.5%	7.4%
	Murtosa	70802093.7	21570361.1	30.5%	0.0	0.0	911063.3	442904.2	20216393.7	0.0%	0.0%	1.3%	0.6%	28.6%
	Ovar	147702506.2	11078764.7	7.5%	0.0	1200.0	208264.4	225219.4	10644080.9	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	7.2%
	Vagos	68537387.5	6391851.3	9.3%	0.0	0.0	232247.5	394818.2	5764785.7	0.0%	0.0%	0.3%	0.6%	8.4%

Anexos

Porto	Matosinhos	34804923.4	164398.6	0.5%	400.0	10908.9	20754.2	132335.5	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.0%
	Porto	11854881.9	35260.0	0.3%	0.0	2701.9	945.9	31612.2	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
	Póvoa de Varzim	48174201.9	119445.4	0.2%	0.0	0.0	4246.2	114799.1	400.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
	Vila do Conde	31125853.1	352131.1	1.1%	0.0	2608.4	16992.8	204361.4	128168.5	0.0%	0.0%	0.1%	0.7%	0.4%
	Vila Nova de Gaia	40657605.9	179643.3	0.4%	0.0	12170.1	11585.0	155888.3	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%
Braga	Esposende	67560906.0	1430005.3	2.1%	0.0	3488.4	71568.6	540449.9	814498.4	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%	1.2%
Viana do Castelo	Caminha	30857738.1	604943.5	2.0%	400.0	15900.3	39253.7	379649.3	169740.2	0.0%	0.1%	0.1%	1.2%	0.6%
	Viana do Castelo	121400817.4	3761524.1	3.1%	0.0	31313.2	193426.2	1522687.9	2014096.8	0.0%	0.0%	0.2%	1.3%	1.7%

G. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2050

i. ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2050, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM 20 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.

DISTRITO	Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
	Total do distrito	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Aveiro	624024149.5	165812679.0	26.6%	0.0	0.0	1586179.0	22803092.7	141423407.3	0.0%	0.0%	0.3%	3.7%	22.7%
Beja	515426118.5	2531395.4	0.5%	0.0	3006.8	227745.8	1370324.9	930317.8	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.2%
Braga	67560906.0	3023667.6	4.5%	0.0	0.0	204673.3	1308260.3	1510734.0	0.0%	0.0%	0.3%	1.9%	2.2%
Coimbra	323357402.9	13482646.8	4.2%	0.0	0.0	509164.1	3003541.9	9969940.8	0.0%	0.0%	0.2%	0.9%	3.1%
Faro	1727690325.9	172227886.9	10.0%	400.0	29037.8	4026369.8	23486629.8	144685449.5	0.0%	0.0%	0.2%	1.4%	8.4%
Leiria	793579135.5	13510184.8	1.7%	0.0	0.0	2796991.1	8962143.8	1751050.0	0.0%	0.0%	0.4%	1.1%	0.2%
Lisboa	778547451.5	163639409.3	21.0%	0.0	0.0	1033341.1	14553117.3	148052950.8	0.0%	0.0%	0.1%	1.9%	19.0%
Porto	166617443.0	1864465.5	1.1%	800.0	4400.0	395719.2	1176399.1	287147.2	0.0%	0.0%	0.2%	0.7%	0.2%
Santarém	321387070.8	56750234.4	17.7%	0.0	0.0	585621.4	5412304.5	50752308.5	0.0%	0.0%	0.2%	1.7%	15.8%
Setúbal	2622451267.6	133773809.0	5.1%	0.0	400.0	10257285.0	61415452.0	62100672.0	0.0%	0.0%	0.4%	2.3%	2.4%
Viana do Castelo	152258555.4	6822481.4	4.5%	3200.0	800.0	466868.9	2837472.1	3514140.4	0.0%	0.0%	0.3%	1.9%	2.3%

DISTRITO	Concelho	Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
		Total do concelho	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Faro	Albufeira	67966787.9	809723.0	1.2%	0.0	0.0	282503.0	483683.0	43537.0	0.0%	0.0%	0.4%	0.7%	0.1%
	Aljezur	323429392.6	2672786.3	0.8%	0.0	20840.6	495419.8	1910599.6	245926.4	0.0%	0.0%	0.2%	0.6%	0.1%
	Castro Marim	90446830.6	15805303.1	17.5%	0.0	0.0	408499.9	2922462.0	12474341.2	0.0%	0.0%	0.5%	3.2%	13.8%
	Faro	95507505.2	60071981.2	62.9%	0.0	0.0	76153.2	586582.6	1928864.6	0.0%	0.0%	0.1%	0.6%	2.0%
	Lagoa	88248211.2	2591600.5	2.9%	0.0	0.0	76153.2	586582.6	1928864.6	0.0%	0.0%	0.1%	0.7%	2.2%
	Lagos	82778630.5	3063992.1	3.7%	0.0	0.0	622981.1	1778793.5	662217.5	0.0%	0.0%	0.8%	2.1%	0.8%
	Loulé	100899311.8	10344393.6	10.3%	0.0	0.0	501055.9	1243648.2	8599689.5	0.0%	0.0%	0.5%	1.2%	8.5%
	Olhão	130863289.0	33241687.2	25.4%	0.0	0.0	105558.3	2516581.4	30619547.5	0.0%	0.0%	0.1%	1.9%	23.4%
	Portimão	182062864.1	8244709.0	4.5%	0.0	0.0	150889.8	1390283.2	6703535.9	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%	3.7%
	Silves	54246208.2	1921512.2	3.5%	0.0	0.0	354069.7	1025171.4	542271.0	0.0%	0.0%	0.7%	1.9%	1.0%
	Tavira	285852337.1	20763652.2	7.3%	0.0	0.0	117835.6	2302120.3	18343696.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	6.4%
	Vila do Bispo	164138977.1	1659540.0	1.0%	400.0	8197.2	343533.3	1233809.5	73600.0	0.0%	0.0%	0.2%	0.8%	0.0%
	Vila Real de Santo António	61249980.7	11037006.6	18.0%	0.0	0.0	361527.8	3025366.9	7650111.9	0.0%	0.0%	0.6%	4.9%	12.5%
Beja	Odemira	515426118.5	2531395.4	0.5%	0.0	3006.8	227745.8	1370324.9	930317.8	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.2%
Setúbal	Alcácer do Sal	1038891958.6	54835032.0	5.3%	0.0	400.0	3540903.3	32607001.1	18686727.6	0.0%	0.0%	0.3%	3.1%	1.8%
	Alcochete	123558855.3	19150131.4	15.5%	0.0	0.0	359019.6	3090314.9	15700796.9	0.0%	0.0%	0.3%	2.5%	12.7%

Anexos

	Almada	70207480.0	4241603.9	6.0%	0.0	0.0	1309478.9	2786497.6	145627.4	0.0%	0.0%	1.9%	4.0%	0.2%
	Barreiro	28694066.0	2312248.2	8.1%	0.0	0.0	35095.2	984990.0	1292163.1	0.0%	0.0%	0.1%	3.4%	4.5%
	Grândola	237161060.4	8615979.4	3.6%	0.0	0.0	1198675.1	5346482.0	2070822.4	0.0%	0.0%	0.5%	2.3%	0.9%
	Moita	37318325.5	4803858.1	12.9%	0.0	0.0	15704.8	1110880.2	3677273.1	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	9.9%
	Montijo	43258932.1	4554250.5	10.5%	0.0	0.0	5600.0	1505558.6	3043091.9	0.0%	0.0%	0.0%	3.5%	7.0%
	Palmela	282031796.3	5039821.0	1.8%	0.0	0.0	442759.0	3067973.7	1529088.3	0.0%	0.0%	0.2%	1.1%	0.5%
	Santiago do Cacém	75105135.0	3947417.8	5.3%	0.0	0.0	48206.6	890054.7	3009156.5	0.0%	0.0%	0.1%	1.2%	4.0%
	Seixal	71381251.4	4251157.4	6.0%	0.0	0.0	38400.0	878668.1	3334089.3	0.0%	0.0%	0.1%	1.2%	4.7%
	Sesimbra	181299488.0	781697.1	0.4%	0.0	0.0	197470.8	352626.3	231600.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.1%
	Setúbal	230258888.4	20592246.6	8.9%	0.0	0.0	2872523.1	8339487.9	9380235.6	0.0%	0.0%	1.2%	3.6%	4.1%
Santarém	Sines	203233802.7	648365.5	0.3%	0.0	0.0	193448.6	454916.9	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%
	Benavente	321395687.4	56750234.4	17.7%	0.0	0.0	585621.4	5412304.5	50752308.5	0.0%	0.0%	0.2%	1.7%	15.8%
Lisboa	Cascais	77024833.1	349418.2	0.5%	0.0	0.0	126654.1	222764.1	0.0	0.0%	0.0%	0.2%	0.3%	0.0%
	Lisboa	29912947.3	1096467.8	3.7%	0.0	0.0	270000.0	611496.6	214971.2	0.0%	0.0%	0.9%	2.0%	0.7%
	Lourinhã	52590527.3	251856.8	0.5%	0.0	0.0	55628.1	187428.8	8800.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.0%
	Mafra	73606230.1	287353.1	0.4%	0.0	0.0	64622.4	158730.8	64000.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.1%
	Oeiras	20714124.3	319309.2	1.5%	0.0	0.0	104746.4	190257.5	24305.3	0.0%	0.0%	0.5%	0.9%	0.1%
	Sintra	116968881.7	190844.0	0.2%	0.0	0.0	67435.3	123408.7	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%
	Loures	19466012.1	2621921.4	13.5%	0.0	0.0	77819.8	1036509.5	1507592.1	0.0%	0.0%	0.4%	5.3%	7.7%
	Torres Vedras	101542994.4	626375.1	0.6%	0.0	0.0	151459.6	397715.5	77200.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.1%
Leiria	Vila Franca de Xira	273406717.2	157895863.7	57.8%	0.0	0.0	114975.5	11624806.0	146156082.2	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	53.5%
	Alcobaça	101723452.0	2486366.8	2.4%	0.0	0.0	767456.6	1667278.6	51631.5	0.0%	0.0%	0.8%	1.6%	0.1%
	Caldas da rainha	77261556.1	2257946.9	2.9%	0.0	0.0	352306.2	1555032.4	350608.3	0.0%	0.0%	0.5%	2.0%	0.5%
	Leiria	52476851.4	748830.7	1.4%	0.0	0.0	362881.7	384912.7	1036.2	0.0%	0.0%	0.7%	0.7%	0.0%
	Marinha Grande	178558124.6	2274433.7	1.3%	0.0	0.0	122312.4	1355763.5	796357.7	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%	0.4%
	Nazaré	63919598.7	2703561.0	4.2%	0.0	0.0	383808.6	2179408.5	140343.9	0.0%	0.0%	0.6%	3.4%	0.2%
	Óbidos	88389225.2	701078.4	0.8%	0.0	0.0	55781.0	244225.2	401072.3	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.5%
	Peniche	67828279.0	1991783.0	2.9%	0.0	0.0	649994.2	1331788.8	10000.0	0.0%	0.0%	1.0%	2.0%	0.0%
Coimbra	Pombal	163422048.3	346184.3	0.2%	0.0	0.0	102450.3	243734.0	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%
	Cantanhede	78439466.7	176033.5	0.2%	0.0	0.0	69859.2	106174.3	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%
	Figueira da Foz	204639485.2	11114191.6	5.4%	0.0	0.0	215041.7	1487421.0	9411728.9	0.0%	0.0%	0.1%	0.7%	4.6%
Aveiro	Mira	40278450.9	116653.5	0.3%	0.0	0.0	224263.3	1409946.6	558211.9	0.0%	0.0%	0.6%	3.5%	1.4%
	Albergaria-a-Velha	21251702.8	13555536.1	63.8%	0.0	0.0	37221.1	1391060.8	12127254.2	0.0%	0.0%	0.2%	6.5%	57.1%
	Aveiro	120988879.4	57966304.8	47.9%	0.0	0.0	249587.4	3077970.9	54638746.6	0.0%	0.0%	0.2%	2.5%	45.2%
	Espinho	13092808.0	305795.6	2.3%	0.0	0.0	232776.9	73018.7	0.0	0.0%	0.0%	1.8%	0.6%	0.0%
	Estarreja	108173262.9	24952831.4	23.1%	0.0	0.0	85178.9	1704752.7	23162899.8	0.0%	0.0%	0.1%	1.6%	21.4%
	Ílhavo	73475509.0	13372999.8	18.2%	0.0	0.0	139759.9	4292705.6	8940534.4	0.0%	0.0%	0.2%	5.8%	12.2%
	Murtosa	70802093.7	32138990.3	45.4%	0.0	0.0	397909.6	8290499.8	23450580.9	0.0%	0.0%	0.6%	11.7%	33.1%
	Ovar	147702506.2	14957642.0	10.1%	0.0	0.0	332208.4	2049440.3	12575993.3	0.0%	0.0%	0.2%	1.4%	8.5%
Porto	Vagos	68537387.5	8562579.1	12.5%	0.0	0.0	111537.0	1923643.9	6527398.2	0.0%	0.0%	0.2%	2.8%	9.5%
	Matosinhos	34804923.4	375366.9	1.1%	800.0	3221.0	133883.9	234608.3	2853.8	0.0%	0.0%	0.4%	0.7%	0.0%
	Porto	11854881.9	86006.5	0.7%	0.0	0.0	25114.6	60129.4	762.4	0.0%	0.0%	0.2%	0.5%	0.0%
	Póvoa de Varzim	48174201.9	295220.9	0.6%	0.0	0.0	46871.8	231582.1	16767.1	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%
	Vila do Conde	31125853.1	708211.3	2.3%	0.0	779.0	60073.3	381971.5	265387.6	0.0%	0.0%	0.2%	1.2%	0.9%

	Vila Nova de Gaia	40657605.9	399659.9	1.0%	0.0	400.0	129775.7	268107.9	1376.3	0.0%	0.0%	0.3%	0.7%	0.0%
Braga	Esposende	67560906.0	3023667.6	4.5%	0.0	0.0	204673.3	1308260.3	1510734.0	0.0%	0.0%	0.3%	1.9%	2.2%
Viana do Castelo	Caminha	30857738.1	1034402.3	3.4%	3200.0	0.0	145466.3	623222.8	262513.2	0.0%	0.0%	0.5%	2.0%	0.9%
	Viana do Castelo	121400817.4	5788079.1	4.8%	0.0	800.0	321402.6	2214249.3	3251627.1	0.0%	0.0%	0.3%	1.8%	2.7%

ii. ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2050, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.

DISTRITO	Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
	Total do distrito	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Aveiro	624024149.5	122763189.0	19.7%	0.0	0.0	419758.8	10310137.2	112033293.0	0.0%	0.0%	0.1%	1.7%	18.0%
Beja	515426118.5	1630834.7	0.3%	0.0	27244.7	44126.2	1025488.2	533975.6	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%
Braga	67560906.0	1732240.0	2.6%	0.0	0.0	71402.7	555137.2	1105700.2	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%	1.6%
Coimbra	323357402.9	11663692.6	3.6%	0.0	0.0	115331.7	1530311.4	10018049.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	3.1%
Faro	1727690325.9	161159393.7	9.3%	0.0	89079.7	807294.4	14413953.2	145849066.5	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	8.4%
Leiria	793579135.5	10500521.9	1.3%	0.0	0.0	656165.1	8056123.9	1788232.9	0.0%	0.0%	0.1%	1.0%	0.2%
Lisboa	778547451.5	157524018.4	20.2%	0.0	0.0	193030.7	7380540.7	149950447.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	19.3%
Porto	166617443.0	1000176.1	0.6%	0.0	3889.5	136326.9	630916.3	229043.4	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.1%
Santarém	321387070.8	54701613.0	17.0%	0.0	0.0	1200.0	3504091.1	51196322.0	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	15.9%
Setúbal	2622451267.6	116928323.1	4.5%	0.0	77795.5	2089549.6	55039808.1	59721169.9	0.0%	0.0%	0.1%	2.1%	2.3%
Viana do Castelo	152258555.4	5059330.7	3.3%	0.0	1873.9	187152.0	1700964.1	3169340.8	0.0%	0.0%	0.1%	1.1%	2.1%

DISTRITO	Concelho	Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
		Total do concelho	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Faro	Albufeira	67966787.9	477251.3	0.7%	0.0	0.0	83771.7	357030.7	36448.9	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.1%
	Aljezur	323429392.6	2064907.4	0.6%	0.0	66440.7	222278.8	1595127.9	181060.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.1%
	Castro Marim	90446830.6	14992077.7	16.6%	0.0	0.0	45515.9	2356793.3	12589768.5	0.0%	0.0%	0.1%	2.6%	13.9%
	Faro	95507505.2	58362245.1	61.1%	0.0	0.0	0.0	1257194.4	57105050.7	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	59.8%
	Lagoa	88248211.2	2224607.5	2.5%	0.0	0.0	8505.0	289038.3	1927064.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	2.2%
	Lagos	82778630.5	2466237.1	3.0%	0.0	0.0	163139.8	1741210.4	561886.8	0.0%	0.0%	0.2%	2.1%	0.7%
	Loulé	100899311.8	9634492.2	9.5%	0.0	0.0	103195.9	937099.6	8594196.6	0.0%	0.0%	0.1%	0.9%	8.5%
	Olhão	130863289.0	31890214.2	24.4%	0.0	0.0	0.0	906028.3	30984185.9	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	23.7%
	Portimão	182062864.1	7589989.9	4.2%	0.0	0.0	0.0	875045.3	6714944.6	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	3.7%
	Silves	54246208.2	1471028.5	2.7%	0.0	0.0	39978.0	840688.3	590362.1	0.0%	0.0%	0.1%	1.5%	1.1%
	Tavira	285852337.1	19645657.4	6.9%	0.0	0.0	0.0	967540.4	18678117.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	6.5%
	Vila do Bispo	164138977.1	1101566.1	0.7%	0.0	22639.0	140909.2	862181.1	75836.8	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%
	Vila Real de Santo António	61249980.7	9239119.5	15.1%	0.0	0.0	0.0	1428975.1	7810144.3	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	12.8%
Beja	Odemira	515426118.5	1630834.7	0.3%	0.0	27244.7	44126.2	1025488.2	533975.6	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%

Anexos

Setúbal	Alcácer do Sal	1038891958.6	51135408.4	4.9%	0.0	15484.7	797022.1	32769845.0	17553056.6	0.0%	0.0%	0.1%	3.2%	1.7%
	Alcochete	123558855.3	17907136.5	14.5%	0.0	0.0	0.0	2026282.8	15880853.7	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	12.9%
	Almada	70207480.0	2535879.6	3.6%	0.0	0.0	221911.7	2098645.4	215322.5	0.0%	0.0%	0.3%	3.0%	0.3%
	Barreiro	28694066.0	1466276.6	5.1%	0.0	0.0	0.0	183481.7	1282794.9	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	4.5%
	Grândola	237161060.4	7168096.1	3.0%	0.0	30226.0	378185.6	4811885.2	1947799.4	0.0%	0.0%	0.2%	2.0%	0.8%
	Moita	37318325.5	3987138.4	10.7%	0.0	0.0	0.0	168782.2	3818356.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	10.2%
	Montijo	43258932.1	3321371.4	7.7%	0.0	0.0	0.0	186682.2	3134689.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	7.2%
	Palmela	282031796.3	4671817.8	1.7%	0.0	0.0	136163.2	3180551.1	1355103.5	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.5%
	Santiago do Cacém	75105135.0	3444889.4	4.6%	0.0	0.0	99947.6	172045.3	3172896.4	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	4.2%
	Seixal	71381251.4	3650844.9	5.1%	0.0	0.0	0.0	290510.3	3360334.6	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	4.7%
	Sesimbra	181299488.0	562180.2	0.3%	0.0	0.0	39934.4	321564.0	200681.9	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%
Santarém	Setúbal	230258888.4	16707271.0	7.3%	0.0	0.0	407844.2	8500145.8	7799281.0	0.0%	0.0%	0.2%	3.7%	3.4%
	Sines	203233802.7	370012.8	0.2%	0.0	32084.9	8540.8	329387.1	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
Lisboa	Benavente	321395687.4	54701613.0	17.0%	0.0	0.0	1200.0	3504091.1	51196322.0	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	15.9%
	Cascais	77024833.1	227646.9	0.3%	0.0	0.0	50270.6	177376.4	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%
	Lisboa	29912947.3	438931.6	1.5%	0.0	0.0	16248.6	224894.5	197788.5	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%	0.7%
	Loures	19466012.1	1986427.5	10.2%	0.0	0.0	0.0	461904.9	1524522.6	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	7.8%
	Lourinhã	52590527.3	179116.7	0.3%	0.0	0.0	30019.5	140823.5	8273.7	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.0%
	Mafra	73606230.1	199914.2	0.3%	0.0	0.0	19154.3	124719.2	56040.6	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%
	Oeiras	20714124.3	173798.3	0.8%	0.0	0.0	5965.1	151153.5	16679.7	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.1%
	Sintra	116968881.7	121860.8	0.1%	0.0	0.0	30959.3	90901.5	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
	Torres Vedras	101542994.4	422521.8	0.4%	0.0	0.0	40413.4	315347.2	66761.3	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.1%
	Vila Franca de Xira	273406717.2	153773800.5	56.2%	0.0	0.0	0.0	5693420.0	148080380.5	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	54.2%
Leiria	Alcobaça	101723452.0	1828528.7	1.8%	0.0	0.0	137633.4	1658729.4	32165.8	0.0%	0.0%	0.1%	1.6%	0.0%
	Caldas da rainha	77261556.1	1923453.8	2.5%	0.0	0.0	82811.1	1516109.9	324532.9	0.0%	0.0%	0.1%	2.0%	0.4%
	Leiria	52476851.4	424342.6	0.8%	0.0	0.0	55261.5	368742.7	338.4	0.0%	0.0%	0.1%	0.7%	0.0%
	Marinha Grande	178558124.6	1664231.7	0.9%	0.0	0.0	46633.5	719251.4	898346.8	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.5%
	Nazaré	63919598.7	2381155.6	3.7%	0.0	0.0	125100.8	2117249.5	138805.3	0.0%	0.0%	0.2%	3.3%	0.2%
	Óbidos	88389225.2	595674.9	0.7%	0.0	0.0	15391.3	195342.9	384940.8	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.4%
	Peniche	67828279.0	1407173.1	2.1%	0.0	0.0	143748.3	1254321.8	9103.0	0.0%	0.0%	0.2%	1.8%	0.0%
	Pombal	163422048.3	275961.5	0.2%	0.0	0.0	49585.2	226376.2	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
Coimbra	Cantanhede	78439466.7	106589.7	0.1%	0.0	0.0	22399.2	84190.5	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
	Figueira da Foz	204639485.2	10348135.2	5.1%	0.0	0.0	32243.2	813907.0	9501985.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	4.6%
	Mira	40278450.9	1208967.7	3.0%	0.0	0.0	60689.3	632213.9	516064.5	0.0%	0.0%	0.2%	1.6%	1.3%
Aveiro	Albergaria-a-Velha	21251702.8	12162049.9	57.2%	0.0	0.0	45499.2	793166.6	11323384.1	0.0%	0.0%	0.2%	3.7%	53.3%
	Aveiro	120988879.4	37310473.1	30.8%	0.0	0.0	80238.0	1466307.4	35763927.7	0.0%	0.0%	0.1%	1.2%	29.6%
	Espinho	13092808.0	58915.6	0.4%	0.0	0.0	9697.6	49218.0	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.0%
	Estarreja	108173262.9	23147184.6	21.4%	0.0	0.0	32483.0	806440.6	22308261.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	20.6%
	Ílhavo	73475509.0	7497485.0	10.2%	0.0	0.0	49200.3	1821044.1	5627240.7	0.0%	0.0%	0.1%	2.5%	7.7%
	Murtosa	70802093.7	24021888.8	33.9%	0.0	0.0	98527.5	3507848.4	20415512.9	0.0%	0.0%	0.1%	5.0%	28.8%
	Ovar	147702506.2	11630179.7	7.9%	0.0	0.0	50554.7	895419.2	10684205.8	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	7.2%
Porto	Vagos	68537387.5	6935012.2	10.1%	0.0	0.0	53558.5	970693.0	5910760.7	0.0%	0.0%	0.1%	1.4%	8.6%
	Matosinhos	34804923.4	191686.8	0.6%	0.0	2512.3	45216.8	142028.9	1928.8	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.0%
	Porto	11854881.9	44292.2	0.4%	0.0	0.0	10478.0	33023.0	791.2	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.0%

Anexos

	Póvoa de Varzim	48174201.9	145396.9	0.3%	0.0	0.0	18717.8	120750.2	5928.9	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
	Vila do Conde	31125853.1	405802.9	1.3%	0.0	1121.0	24072.2	161865.6	218744.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.7%
	Vila Nova de Gaia	40657605.9	212997.2	0.5%	0.0	256.2	37842.0	173248.5	1650.5	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.0%
Braga	Esposende	67560906.0	1732240.0	2.6%	0.0	0.0	71402.7	555137.2	1105700.2	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%	1.6%
Viana do Castelo	Caminha	30857738.1	723272.8	2.3%	0.0	1200.0	64889.6	364201.1	292982.1	0.0%	0.0%	0.2%	1.2%	0.9%
	Viana do Castelo	121400817.4	4336057.9	3.6%	0.0	673.9	122262.5	1336763.0	2876358.6	0.0%	0.0%	0.1%	1.1%	2.4%

H. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE COSTEIRA PARA PORTUGAL CONTINENTAL EM 2100

i. ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2100, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA, COM 50 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO.

DISTRITO	Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
	Total do distrito	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Aveiro	624024149.5	209920261.4	33.6%	0.0	0.0	7321157.5	54671863.2	147927240.7	0.0%	0.0%	1.2%	8.8%	23.7%
Beja	515426118.5	2981436.3	0.6%	0.0	10139.9	554154.9	1525623.6	891517.8	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.2%
Braga	67560906.0	6855153.6	10.1%	0.0	0.0	878467.7	4261806.5	1714879.5	0.0%	0.0%	1.3%	6.3%	2.5%
Coimbra	323357402.9	21291312.6	6.6%	0.0	0.0	2789399.3	8289252.9	10212660.4	0.0%	0.0%	0.9%	2.6%	3.2%
Faro	1727690325.9	199327207.7	11.5%	3600.0	53650.9	10787452.9	42527901.6	145954602.4	0.0%	0.0%	0.6%	2.5%	8.4%
Leiria	793579135.5	22116968.4	2.8%	0.0	0.0	6868837.1	13406855.6	1841275.7	0.0%	0.0%	0.9%	1.7%	0.2%
Lisboa	778547451.5	177687480.8	22.8%	0.0	0.0	4664731.1	22086880.1	150935869.6	0.0%	0.0%	0.6%	2.8%	19.4%
Porto	166617443.0	4663406.1	2.8%	1600.0	24400.0	1878424.4	2397621.3	361360.4	0.0%	0.0%	1.1%	1.4%	0.2%
Santarém	321387070.8	62087884.3	19.3%	0.0	0.0	1826392.4	10686940.0	49574551.8	0.0%	0.0%	0.6%	3.3%	15.4%
Setúbal	2622451267.6	169335087.9	6.5%	752.2	15635.2	21668385.5	89811061.9	57839253.0	0.0%	0.0%	0.8%	3.4%	2.2%
Viana do Castelo	152258555.4	11688755.3	7.7%	3600.0	3600.0	2127251.8	5746992.9	3807310.6	0.0%	0.0%	1.4%	3.8%	2.5%

DISTRITO	Concelho	Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
		Total do concelho	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Faro	Albufeira	67966787.9	2014332.2	3.0%	0.0	0.0	950732.3	1030327.2	33272.6	0.0%	0.0%	1.4%	1.5%	0.0%
	Aljezur	323429392.6	3809819.2	1.2%	0.0	44014.2	1318374.3	2235104.4	212326.4	0.0%	0.0%	0.4%	0.7%	0.1%
	Castro Marim	90446830.6	18058923.9	20.0%	0.0	0.0	915133.9	5262299.2	11881490.8	0.0%	0.0%	1.0%	5.8%	13.1%
	Faro	95507505.2	64463462.9	67.5%	0.0	0.0	538623.0	6372952.8	57551887.1	0.0%	0.0%	0.6%	6.7%	60.3%
	Lagoa	88248211.2	3489608.1	4.0%	0.0	0.0	237909.6	1257991.4	1993707.2	0.0%	0.0%	0.3%	1.4%	2.3%
	Lagos	82778630.5	4627648.4	5.6%	0.0	0.0	1477385.3	2558871.3	591391.8	0.0%	0.0%	1.8%	3.1%	0.7%
	Loulé	100899311.8	13290782.5	13.2%	0.0	0.0	1917530.7	2785085.8	8588166.0	0.0%	0.0%	1.9%	2.8%	8.5%
	Olhão	130863289.0	36163951.0	27.6%	0.0	0.0	260057.0	4582312.0	31321582.0	0.0%	0.0%	0.2%	3.5%	23.9%
	Portimão	182062864.1	9886683.3	5.4%	0.0	0.0	428469.5	2683777.1	6774436.7	0.0%	0.0%	0.2%	1.5%	3.7%
	Silves	54246208.2	2759942.8	5.1%	0.0	0.0	658059.7	1792909.1	308973.9	0.0%	0.0%	1.2%	3.3%	0.6%
	Tavira	285852337.1	23245082.5	8.1%	0.0	0.0	307488.4	4321308.6	18616285.5	0.0%	0.0%	0.1%	1.5%	6.5%
	Vila do Bispo	164138977.1	2471670.9	1.5%	3600.0	9636.7	834070.1	1573164.2	51200.0	0.0%	0.0%	0.5%	1.0%	0.0%
Beja	Vila Real de Santo António	61249980.7	15045299.9	24.6%	0.0	0.0	943619.0	6071798.5	8029882.4	0.0%	0.0%	1.5%	9.9%	13.1%
	Odemira	515426118.5	2981436.3	0.6%	0.0	10139.9	554154.9	1525623.6	891517.8	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.2%
Setúbal	Alcácer do Sal	1038891958.6	62555872.1	6.0%	0.0	6400.0	7115022.6	40452922.6	14981526.9	0.0%	0.0%	0.7%	3.9%	1.4%
	Alcochete	123558855.3	21975177.0	17.8%	0.0	0.0	681774.1	6385749.4	14907653.5	0.0%	0.0%	0.6%	5.2%	12.1%
	Almada	70207480.0	7073544.7	10.1%	0.0	0.0	2317451.0	4140042.8	616050.9	0.0%	0.0%	3.3%	5.9%	0.9%

Anexos

	Barreiro	28694066.0	5197422.3	18.1%	0.0	0.0	206171.2	3130593.9	1860657.2	0.0%	0.0%	0.7%	10.9%	6.5%
	Grândola	237161060.4	12987274.4	5.5%	0.0	0.0	3956494.1	7113367.1	1917413.2	0.0%	0.0%	1.7%	3.0%	0.8%
	Moita	37318325.5	7149683.0	19.2%	0.0	0.0	82676.4	2678192.1	4388814.6	0.0%	0.0%	0.2%	7.2%	11.8%
	Montijo	43258932.1	7112567.7	16.4%	0.0	0.0	57200.0	3143542.9	3911824.8	0.0%	0.0%	0.1%	7.3%	9.0%
	Palmela	282031796.3	5828729.3	2.1%	0.0	0.0	914922.9	4010717.3	903089.1	0.0%	0.0%	0.3%	1.4%	0.3%
	Santiago do Cacém	75105135.0	5135237.1	6.8%	0.0	0.0	238928.2	1571955.0	3324353.8	0.0%	0.0%	0.3%	2.1%	4.4%
	Seixal	71381251.4	5894318.0	8.3%	0.0	0.0	235952.4	1987941.1	3670424.4	0.0%	0.0%	0.3%	2.8%	5.1%
	Sesimbra	181299488.0	1406674.4	0.8%	0.0	0.0	601814.8	606459.5	198400.0	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%	0.1%
	Setúbal	230258888.4	25353483.8	11.0%	0.0	0.0	4140848.7	14053590.4	7159044.8	0.0%	0.0%	1.8%	6.1%	3.1%
Santarém	Sines	203233802.7	1665104.2	0.8%	752.2	9235.2	1119129.0	535987.8	0.0	0.0%	0.0%	0.6%	0.3%	0.0%
	Benavente	321395687.4	62087884.3	19.3%	0.0	0.0	1826392.4	10686940.0	49574551.8	0.0%	0.0%	0.6%	3.3%	15.4%
Lisboa	Cascais	77024833.1	557950.1	0.7%	0.0	0.0	284203.0	273747.1	0.0	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.0%
	Lisboa	29912947.3	5448037.1	18.2%	0.0	0.0	1136102.0	3805005.0	506930.2	0.0%	0.0%	3.8%	12.7%	1.7%
	Loures	52590527.3	763290.7	1.5%	0.0	0.0	372126.0	391164.7	0.0	0.0%	0.0%	0.7%	0.7%	0.0%
	Lourinhã	73606230.1	640130.5	0.9%	0.0	0.0	304315.0	298215.6	37600.0	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	0.1%
	Mafra	20714124.3	1174420.3	5.7%	0.0	0.0	606111.0	551854.3	16455.0	0.0%	0.0%	2.9%	2.7%	0.1%
	Oeiras	116968881.7	350155.7	0.3%	0.0	0.0	210818.7	139336.9	0.0	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%
	Sintra	19466012.1	3949798.3	20.3%	0.0	0.0	183523.6	1948276.6	1817998.1	0.0%	0.0%	0.9%	10.0%	9.3%
	Torres Vedras	101542994.4	2495821.8	2.5%	0.0	0.0	1287856.7	1152765.1	55200.0	0.0%	0.0%	1.3%	1.1%	0.1%
Leiria	Vila Franca de Xira	273406717.2	162307876.4	59.4%	0.0	0.0	279675.2	13526514.8	148501686.4	0.0%	0.0%	0.1%	4.9%	54.3%
	Alcobaga	101723452.0	3894039.9	3.8%	0.0	0.0	1379915.5	2480492.8	33631.5	0.0%	0.0%	1.4%	2.4%	0.0%
	Caldas da rainha	77261556.1	3226274.5	4.2%	0.0	0.0	902665.6	2050474.5	273134.4	0.0%	0.0%	1.2%	2.7%	0.4%
	Leiria	52476851.4	1820267.6	3.5%	0.0	0.0	854092.4	965139.0	1036.2	0.0%	0.0%	1.6%	1.8%	0.0%
	Marinha Grande	178558124.6	3915487.4	2.2%	0.0	0.0	548124.7	2305265.7	1062097.0	0.0%	0.0%	0.3%	1.3%	0.6%
	Nazaré	63919598.7	3507595.1	5.5%	0.0	0.0	900901.7	2542734.5	63958.9	0.0%	0.0%	1.4%	4.0%	0.1%
	Óbidos	88389225.2	966678.4	1.1%	0.0	0.0	110181.0	456279.8	400217.6	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.5%
	Peniche	67828279.0	4240125.0	6.3%	0.0	0.0	1894391.8	2338533.2	7200.0	0.0%	0.0%	2.8%	3.4%	0.0%
Coimbra	Pombal	163422048.3	546500.5	0.3%	0.0	0.0	278564.5	267936.1	0.0	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.0%
	Cantanhede	78439466.7	884194.1	1.1%	0.0	0.0	718484.0	165710.1	0.0	0.0%	0.0%	0.9%	0.2%	0.0%
	Figueira da Foz	204639485.2	13949861.3	6.8%	0.0	0.0	1299935.9	3144225.5	9505699.9	0.0%	0.0%	0.6%	1.5%	4.6%
Aveiro	Mira	40278450.9	6457257.2	16.0%	0.0	0.0	770979.4	4979317.4	706960.5	0.0%	0.0%	1.9%	12.4%	1.8%
	Albergaria-a-Velha	21251702.8	14435500.0	67.9%	0.0	0.0	107443.4	1833405.4	12494651.2	0.0%	0.0%	0.5%	8.6%	58.8%
	Aveiro	120988879.4	62659382.8	51.8%	0.0	0.0	883475.3	6079477.0	55696430.5	0.0%	0.0%	0.7%	5.0%	46.0%
	Espinho	13092808.0	1730566.8	13.2%	0.0	0.0	1267111.1	463455.8	0.0	0.0%	0.0%	9.7%	3.5%	0.0%
	Estarreja	108173262.9	28405225.7	26.3%	0.0	0.0	308956.3	4747030.7	23349238.7	0.0%	0.0%	0.3%	4.4%	21.6%
	Ílhavo	73475509.0	23076153.5	31.4%	0.0	0.0	454161.4	11991781.9	10630210.2	0.0%	0.0%	0.6%	16.3%	14.5%
	Murtosa	70802093.7	44783216.1	63.3%	0.0	0.0	1456997.5	17776783.8	25549434.8	0.0%	0.0%	2.1%	25.1%	36.1%
	Ovar	147702506.2	22918222.0	15.5%	0.0	0.0	2517122.3	7244938.5	13156161.2	0.0%	0.0%	1.7%	4.9%	8.9%
Porto	Vagos	68537387.5	11911994.5	17.4%	0.0	0.0	325890.3	4534990.0	7051114.2	0.0%	0.0%	0.5%	6.6%	10.3%
	Matosinhos	34804923.4	1235536.5	3.5%	1200.0	18404.8	839184.4	374293.6	2453.8	0.0%	0.1%	2.4%	1.1%	0.0%
	Porto	11854881.9	220561.1	1.9%	0.0	0.0	98042.4	121756.2	762.4	0.0%	0.0%	0.8%	1.0%	0.0%
	Póvoa de Varzim	48174201.9	855848.0	1.8%	0.0	0.0	214203.7	625677.2	15967.1	0.0%	0.0%	0.4%	1.3%	0.0%
	Vila do Conde	31125853.1	1570503.3	5.0%	0.0	5195.2	283523.2	940723.5	341061.4	0.0%	0.0%	0.9%	3.0%	1.1%

	Vila Nova de Gaia	40657605.9	780957.3	1.9%	400.0	800.0	443470.7	335170.8	1115.7	0.0%	0.0%	1.1%	0.8%	0.0%
Braga	Esposende	67560906.0	6855153.6	10.1%	0.0	0.0	878467.7	4261806.5	1714879.5	0.0%	0.0%	1.3%	6.3%	2.5%
Viana do Castelo	Caminha	30857738.1	2276468.6	7.4%	3200.0	0.0	766789.7	1259035.2	247443.7	0.0%	0.0%	2.5%	4.1%	0.8%
	Viana do Castelo	121400817.4	9412286.7	7.8%	400.0	3600.0	1360462.1	4487957.7	3559866.9	0.0%	0.0%	1.1%	3.7%	2.9%

ii. ÁREAS VULNERÁVEIS EM 2100, POR DISTRITO E CONCELHO SEGUNDO O MODELO DE MARÉ MAIS SOBRELEVAÇÃO METEOROLÓGICA COM *SETUP* DE AGITAÇÃO MARÍTIMA, COM 100 ANOS DE PERÍODO DE RETORNO – CENÁRIO DIRETIVA 2007/60/CE.

DISTRITO	Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
	Total do distrito	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Aveiro	624024149.5	261367710.0	41.9%	0.0	0.0	393803.8	37294394.8	223679511.4	0.0%	0.0%	0.1%	6.0%	35.8%
Beja	515426118.5	2669216.4	0.5%	0.0	5987.4	180991.0	1947399.7	534838.4	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.1%
Braga	67560906.0	14686473.8	21.7%	0.0	0.0	82469.6	6244719.8	8359284.4	0.0%	0.0%	0.1%	9.2%	12.4%
Coimbra	323357402.9	46405113.0	14.4%	0.0	0.0	2634556.8	17427961.6	26342594.6	0.0%	0.0%	0.8%	5.4%	8.1%
Faro	1727690325.9	221979470.5	12.8%	0.0	28979.1	2446481.9	37997986.8	181506022.7	0.0%	0.0%	0.1%	2.2%	10.5%
Leiria	793579135.5	33605727.9	4.2%	0.0	0.0	2968226.9	24095258.4	6542242.6	0.0%	0.0%	0.4%	3.0%	0.8%
Lisboa	778547451.5	185946831.3	23.9%	0.0	0.0	1115695.5	12558444.9	172272690.9	0.0%	0.0%	0.1%	1.6%	22.1%
Porto	166617443.0	12094909.9	7.3%	0.0	0.0	1173686.8	7895399.8	3025823.3	0.0%	0.0%	0.7%	4.7%	1.8%
Santarém	321387070.8	74899550.3	23.3%	0.0	0.0	0.0	11836167.4	63063382.9	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	19.6%
Setúbal	2622451267.6	211704502.1	8.1%	0.0	16034.9	8901601.9	107127124.8	95659740.5	0.0%	0.0%	0.3%	4.1%	3.6%
Viana do Castelo	152258555.4	19827304.5	13.0%	0.0	0.0	1150260.5	9643732.0	9033312.0	0.0%	0.0%	0.8%	6.3%	5.9%

DISTRITO	Concelho	Área (m²)			Área Vulnerabilidade (m²)					Percentagem de Vulnerabilidade				
		Total do concelho	Total Vulnerável	% Vulnerável	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Extrema
Faro	Albufeira	67966787.9	3495146.9	5.1%	0.0	0.0	306864.3	2597908.5	590374.0	0.0%	0.0%	0.5%	3.8%	0.9%
	Aljezur	323429392.6	4659777.4	1.4%	0.0	24011.6	680670.7	3756016.4	199078.6	0.0%	0.0%	0.2%	1.2%	0.1%
	Castro Marim	90446830.6	20060222.1	22.2%	0.0	0.0	103731.4	4845165.8	15111325.0	0.0%	0.0%	0.1%	5.4%	16.7%
	Faro	95507505.2	68314103.2	71.5%	0.0	0.0	0.0	3069492.2	65244611.1	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	68.3%
	Lagoa	88248211.2	4058499.5	4.6%	0.0	0.0	17586.3	809652.1	3231261.1	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	3.7%
	Lagos	82778630.5	5744282.0	6.9%	0.0	0.0	317427.6	4357669.1	1069185.3	0.0%	0.0%	0.4%	5.3%	1.3%
	Loulé	100899311.8	17207014.8	17.1%	0.0	0.0	363649.6	6235354.5	10608010.7	0.0%	0.0%	0.4%	6.2%	10.5%
	Olhão	130863289.0	38466122.4	29.4%	0.0	0.0	0.0	1632153.3	36833969.1	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	28.1%
	Portimão	182062864.1	11212711.2	6.2%	0.0	0.0	4512.4	2161488.0	9046710.7	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	5.0%
	Silves	54246208.2	3507788.7	6.5%	0.0	0.0	241238.1	2011312.1	1255238.5	0.0%	0.0%	0.4%	3.7%	2.3%
	Tavira	285852337.1	25080337.6	8.8%	0.0	0.0	0.0	1586170.9	23494166.7	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	8.2%
	Vila do Bispo	164138977.1	3000536.7	1.8%	0.0	4967.4	410801.6	1846924.3	737843.4	0.0%	0.0%	0.3%	1.1%	0.4%
	Vila Real de Santo António	61249980.7	17172928.1	28.0%	0.0	0.0	0.0	3088679.4	14084248.7	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	23.0%
Beja	Odemira	515426118.5	2669216.4	0.5%	0.0	5987.4	180991.0	1947399.7	534838.4	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.1%

Anexos

Setúbal	Alcácer do Sal	1038891958.6	71383370.7	6.9%	0.0	0.0	3109080.3	46645017.2	21629273.2	0.0%	0.0%	0.3%	4.5%	2.1%
	Alcochete	123558855.3	26087253.6	21.1%	0.0	0.0	547.6	5161466.6	20925239.5	0.0%	0.0%	0.0%	4.2%	16.9%
	Almada	70207480.0	9752468.7	13.9%	0.0	0.0	682452.7	7382862.3	1687153.7	0.0%	0.0%	1.0%	10.5%	2.4%
	Barreiro	28694066.0	7112247.1	24.8%	0.0	0.0	0.0	1299483.2	5812763.9	0.0%	0.0%	0.0%	4.5%	20.3%
	Grândola	237161060.4	18675807.7	7.9%	0.0	0.0	1884214.0	13549619.9	3241973.8	0.0%	0.0%	0.8%	5.7%	1.4%
	Moita	37318325.5	10296450.8	27.6%	0.0	0.0	0.0	1542474.5	8753976.4	0.0%	0.0%	0.0%	4.1%	23.5%
	Montijo	43258932.1	10614395.8	24.5%	0.0	0.0	0.0	1455060.2	9159335.6	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	21.2%
	Palmela	282031796.3	7099157.1	2.5%	0.0	0.0	501758.2	5069840.5	1527558.5	0.0%	0.0%	0.2%	1.8%	0.5%
	Santiago do Cacém	75105135.0	6292854.7	8.4%	0.0	0.0	80248.8	968913.4	5243692.5	0.0%	0.0%	0.1%	1.3%	7.0%
	Seixal	71381251.4	7944776.3	11.1%	0.0	0.0	0.0	1584035.5	6360740.8	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	8.9%
	Sesimbra	181299488.0	2106403.9	1.2%	0.0	0.0	217915.7	1593224.5	295263.7	0.0%	0.0%	0.1%	0.9%	0.2%
Setúbal	Setúbal	230258888.4	30696995.7	13.3%	0.0	0.0	1599610.3	18074667.9	11022717.6	0.0%	0.0%	0.7%	7.8%	4.8%
	Sines	203233802.7	3642319.9	1.8%	0.0	16034.9	825774.5	2800459.2	51.2	0.0%	0.0%	0.4%	1.4%	0.0%
Santarém	Benavente	321395687.4	74899550.3	23.3%	0.0	0.0	0.0	11836167.4	63063382.9	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	19.6%
Lisboa	Cascais	77024833.1	909972.8	1.2%	0.0	0.0	183957.8	726015.0	0.0	0.0%	0.0%	0.2%	0.9%	0.0%
	Lisboa	29912947.3	7088378.5	23.7%	0.0	0.0	112008.8	2602964.6	4373405.1	0.0%	0.0%	0.4%	8.7%	14.6%
	Loures	19466012.1	4531964.0	23.3%	0.0	0.0	0.0	770318.3	3761645.7	0.0%	0.0%	0.0%	4.0%	19.3%
	Lourinhã	52590527.3	1802687.4	3.4%	0.0	0.0	132262.3	1265202.3	405222.8	0.0%	0.0%	0.3%	2.4%	0.8%
	Mafra	73606230.1	1601694.1	2.2%	0.0	0.0	154437.0	1208005.8	239251.3	0.0%	0.0%	0.2%	1.6%	0.3%
	Oeiras	20714124.3	1904925.4	9.2%	0.0	0.0	146220.4	1409334.0	349371.0	0.0%	0.0%	0.7%	6.8%	1.7%
	Sintra	116968881.7	545292.6	0.5%	0.0	0.0	98561.1	446731.4	0.0	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.0%
	Torres Vedras	101542994.4	3862866.5	3.8%	0.0	0.0	288248.1	2620667.7	953950.8	0.0%	0.0%	0.3%	2.6%	0.9%
	Vila Franca de Xira	273406717.2	163699049.9	59.9%	0.0	0.0	0.0	1509205.6	162189844.2	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	59.3%
Leiria	Alcobaça	101723452.0	4931748.5	4.8%	0.0	0.0	222261.5	4532005.8	177481.3	0.0%	0.0%	0.2%	4.5%	0.2%
	Caldas da rainha	77261556.1	4640331.7	6.0%	0.0	0.0	405741.7	3788849.2	445740.8	0.0%	0.0%	0.5%	4.9%	0.6%
	Leiria	52476851.4	3218468.4	6.1%	0.0	0.0	525236.7	2449937.3	243294.4	0.0%	0.0%	1.0%	4.7%	0.5%
	Marinha Grande	178558124.6	6436514.8	3.6%	0.0	0.0	245187.8	2469316.3	3722010.7	0.0%	0.0%	0.1%	1.4%	2.1%
	Nazaré	63919598.7	4437210.5	6.9%	0.0	0.0	379195.6	3831974.7	226040.2	0.0%	0.0%	0.6%	6.0%	0.4%
	Óbidos	88389225.2	1171836.3	1.3%	0.0	0.0	19356.3	441798.6	710681.4	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.8%
	Peniche	67828279.0	7215361.3	10.6%	0.0	0.0	723584.6	5474783.0	1016993.7	0.0%	0.0%	1.1%	8.1%	1.5%
	Pombal	163422048.3	1554256.4	1.0%	0.0	0.0	447662.7	1106593.7	0.0	0.0%	0.0%	0.3%	0.7%	0.0%
Coimbra	Cantanhede	78439466.7	4769757.7	6.1%	0.0	0.0	1109559.9	3597255.2	62942.7	0.0%	0.0%	1.4%	4.6%	0.1%
	Figueira da Foz	204639485.2	22256346.9	10.9%	0.0	0.0	1524421.9	7142708.3	13589216.6	0.0%	0.0%	0.7%	3.5%	6.6%
	Mira	40278450.9	19379008.3	48.1%	0.0	0.0	574.9	6687998.0	12690435.4	0.0%	0.0%	0.0%	16.6%	31.5%
Aveiro	Albergaria-a-Velha	21251702.8	14758024.1	69.4%	0.0	0.0	19120.5	678991.5	14059912.1	0.0%	0.0%	0.1%	3.2%	66.2%
	Aveiro	120988879.4	68381347.9	56.5%	0.0	0.0	0.0	4813355.5	63567992.4	0.0%	0.0%	0.0%	4.0%	52.5%
	Espinho	13092808.0	3505127.6	26.8%	0.0	0.0	259533.9	3245593.6	0.0	0.0%	0.0%	2.0%	24.8%	0.0%
	Estarreja	108173262.9	33438632.5	30.9%	0.0	0.0	6759.7	2980724.4	30451148.5	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	28.2%
	Ílhavo	73475509.0	34732788.6	47.3%	0.0	0.0	0.0	4902252.6	29830535.9	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	40.6%
	Murtosa	70802093.7	51838088.6	73.2%	0.0	0.0	0.0	5802774.9	46035313.7	0.0%	0.0%	0.0%	8.2%	65.0%
	Ovar	147702506.2	37041232.9	25.1%	0.0	0.0	108389.7	11308421.6	25624421.5	0.0%	0.0%	0.1%	7.7%	17.3%
Porto	Vagos	68537387.5	17672467.9	25.8%	0.0	0.0	0.0	3562280.6	14110187.3	0.0%	0.0%	0.0%	5.2%	20.6%
	Matosinhos	34804923.4	2582397.9	7.4%	0.0	0.0	532685.0	1935203.5	114509.4	0.0%	0.0%	1.5%	5.6%	0.3%
	Porto	11854881.9	509545.2	4.3%	0.0	0.0	59723.9	347125.0	102696.3	0.0%	0.0%	0.5%	2.9%	0.9%

Anexos

	Póvoa de Varzim	48174201.9	3590248.6	7.5%	0.0	0.0	7507.6	2282841.2	1299899.8	0.0%	0.0%	0.0%	4.7%	2.7%
	Vila do Conde	31125853.1	3489158.4	11.2%	0.0	0.0	152517.7	1840306.9	1496333.8	0.0%	0.0%	0.5%	5.9%	4.8%
	Vila Nova de Gaia	40657605.9	1923559.8	4.7%	0.0	0.0	421252.6	1489923.2	12384.0	0.0%	0.0%	1.0%	3.7%	0.0%
Braga	Esposende	67560906.0	14686473.8	21.7%	0.0	0.0	82469.6	6244719.8	8359284.4	0.0%	0.0%	0.1%	9.2%	12.4%
Viana do Castelo	Caminha	30857738.1	4649155.7	15.1%	0.0	0.0	442168.5	2924538.9	1282448.4	0.0%	0.0%	1.4%	9.5%	4.2%
	Viana do Castelo	121400817.4	15178148.7	12.5%	0.0	0.0	708092.0	6719193.1	7750863.6	0.0%	0.0%	0.6%	5.5%	6.4%